



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

**“INTEGRACIÓN DE REDES INDUSTRIALES MEDIANTE UN
SOFTWARE DE MONITOREO Y ADQUISICIÓN DE DATOS EN
EL LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN
AUTOMÁTICA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA DE
MANTENIMIENTO”.**

MERCEDES LISETTE ESPINOZA CASTRO
JHONNY PAUL BAÑO SOTO

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA

Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA - ECUADOR

2018

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

2018-04-18

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

ESPINOZA CASTRO MERCEDES LISETTE

Titulado:

“INTEGRACIÓN DE REDES INDUSTRIALES MEDIANTE UN SOFTWARE DE MONITOREO Y ADQUISICIÓN DE DATOS EN EL LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO”.

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERA DE MANTENIMIENTO

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo
DIRECTOR

Ing. Gabriel Vinicio Moreano Sanchez
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

2018-04-18

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

BAÑO SOTO JHONNY PAUL

Titulado:

**“INTEGRACIÓN DE REDES INDUSTRIALES MEDIANTE UN SOFTWARE DE
MONITOREO Y ADQUISICIÓN DE DATOS EN EL LABORATORIO DE
CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO”.**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo
DIRECTOR

Ing. Gabriel Vinicio Moreano Sanchez
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ESPINOZA CASTRO MERCEDES LISETTE

TRABAJO DE TITULACIÓN: **“INTEGRACIÓN DE REDES INDUSTRIALES MEDIANTE UN SOFTWARE DE MONITOREO Y ADQUISICIÓN DE DATOS EN EL LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO”.**

Fecha de Examinación: 2017-11-15

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO PRUEBA	FIRMA
Dr. Marco Antonio Haro Medina PRESIDENTE TRIB.DEFENSA			
Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo DIRECTOR			
Ing. Gabriel Vinicio Moreano Sanchez ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Dr. Marco Antonio Haro Medina
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: BAÑO SOTO JHONNY PAUL

TRABAJO DE TITULACIÓN: **“INTEGRACIÓN DE REDES INDUSTRIALES
MEDIANTE UN SOFTWARE DE MONITOREO Y ADQUISICIÓN DE DATOS
EN EL LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA
DE LA CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO”**

Fecha de Examinación: 2017-11-15

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO PRUEBA	FIRMA
Dr. Marco Antonio Haro Medina PRESIDENTE TRIB.DEFENSA			
Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo DIRECTOR			
Ing. Gabriel Vinicio Moreano Sanchez ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Dr. Marco Antonio Haro Medina
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El presente trabajo de titulación que presentamos es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Espinoza Castro
Mercedes Lisette

Baño Soto Jhonny Paul

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Mercedes Lisette Espinoza Castro y Jhonny Paul Baño Soto, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados. Como Espinoza Mercedes y Baño Jhonny, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

**Espinoza Castro
Mercedes Lisette**

C. I. : 0604435438

Baño Soto Jhonny Paul

C. I. : 0603930835

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Angel Espinoza y Mercedes Castro quienes con su trabajo, sacrificio, amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy una meta más. Toda mi gratitud y amor a ustedes por estar incondicionalmente.

A mis hermanos y hermana por estar siempre presentes, por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida y a una persona especial que me acompañó y aportó a mi formación profesional y como ser humano.

MERCEDES LISETTE ESPINOZA CASTRO

Este trabajo está dedicado a mis padres Wilson Baño Guevara (+), Tania Soto Noriega y a mi hermano Wilson Baño por el apoyo incondicional y guía durante el transcurso de mi vida. Gratitud a ellos por sus enseñanzas y cariño.

A mi hijo Aarón Baño que es un pilar fundamental en mi vida, a mis abuelos y tíos que han sido un apoyo a lo largo de mi vida y carrera universitaria.

JHONNY PAUL BAÑO SOTO

AGRADECIMIENTO

A la Carrera de Ingeniería de Mantenimiento y a toda su planta docente que con sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación han logrado que pueda concluir mi formación profesional con éxito, a nuestro tutor Ing. Pablo Montalvo y asesor Ing. Gabriel Moreano por guiarme y formar parte de otro objetivo alcanzado.

MERCEDES LISETTE ESPINOZA CASTRO

A la planta docente de la Carrera de Ingeniería de Mantenimiento ya que cada uno ha contribuido en mi desarrollo profesional aportando conocimientos y experiencia, en especial a nuestro Tutor Ing. Pablo Montalvo por el apoyo y apertura para la realización del trabajo de titulación y Ing. Gabriel Moreano por guiarme en el desarrollo del trabajo.

JHONNY PAUL BAÑO SOTO

CONTENIDO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

1.1	Antecedentes	1
1.2	Planteamiento del problema.....	2
1.3	Justificación	2
1.4	Objetivos.....	3
1.4.1	<i>Objetivo General</i>	3
1.4.2	<i>Objetivo Especifico</i>	3

CAPITULO II

2	MARCO TEÓRICO	4
2.1	Introducción	4
2.2	Pirámide CIM de comunicación	5
2.3	Red Industrial.....	6
2.3.1	<i>Sistemas de control de una red industrial</i>	7
2.3.1.1	<i>Control centralizado</i>	8
2.3.1.2	<i>Control distribuido</i>	8
2.3.1.3	<i>Control Híbrido</i>	8
2.3.2	<i>Topología de red</i>	8
2.3.2.4	<i>Interconexión en bus</i>	9
2.3.2.5	<i>Interconexión en anillo</i>	9
2.3.2.6	<i>Interconexión en árbol</i>	9
2.4	Protocolos de comunicación industriales.....	9
2.4.1	<i>Ethernet</i>	10
2.4.1.1	<i>Protocolo TCP/IP</i>	10
2.4.2	<i>Profinet</i>	11
2.4.2.1	<i>Características de Profinet</i>	11
2.4.3	<i>Profibus</i>	12
2.4.3.1	<i>Profibus DP</i>	12
2.4.3.2	<i>Profibus FMS (Field Message Specification)</i>	12
2.4.3.3	<i>Profibus PA (Process Automation)</i>	13
2.4.3.4	<i>Características de las diferentes versiones de Profibus</i>	13
2.4.3.5	<i>Características de Profibus</i>	13
2.4.3.6	<i>Maestro Profibus</i>	14
2.4.3.7	<i>Esclavo Profibus</i>	14
2.4.3.8	<i>Conector de bus Profibus Fast Connect</i>	15

2.4.4	<i>As-i (Actuador/Sensor Interface)</i>	15
2.4.4.1	<i>Características</i>	17
2.4.5	<i>Modbus</i>	17
2.4.5.1	<i>Modos de transmisión Modbus</i>	18
2.4.5.2	<i>Modbus RTU</i>	19
2.4.5.3	<i>SETRON PAC 3100</i>	20
2.4.5.4	<i>Ventajas del protocolo MODBUS-TCP</i>	20
2.4.6	<i>Características de los diferentes buses</i>	20
2.5	PLC	21
2.6	Sistema Scada	22
2.7	Sistema HMI.....	22
2.8	TIA Portal.	22
2.8.1	<i>Lenguaje de programación KOP</i>	23
2.8.2	<i>Lenguaje de programación FUP</i>	23
2.9	LabVIEW.....	23
2.9.1	<i>NI-OPC</i>	25

CAPITULO III

3	DISEÑO E INTEGRACIÓN DE REDES INDUSTRIALES	25
3.1.	Integración de redes con STEP 7 TIA PORTAL V13.....	25
3.1.1	<i>Creación del proyecto</i>	25
3.1.2	<i>Asignación de direcciones e integración de redes</i>	30
3.1.3	<i>Compilar y cargar</i>	32
3.2	Programación y transferencia de datos entre MASTER Y SLAVE	34
3.2.1	<i>Programación en el PLC MASTER</i>	34
3.2.1.1	<i>Inicio general</i>	34
3.2.1.2	<i>Envío de datos al esclavo</i>	34
3.2.1.3	<i>Programación variador de frecuencia</i>	35
3.2.1.4	<i>Transferencia de datos</i>	36
3.2.2	<i>Programación en el PLC SLAVE</i>	40
3.2.2.1	<i>Envío de datos al maestro</i>	40
3.2.2.2	<i>Configuración de la red AS-i</i>	40
3.2.2.3	<i>Transferencia de datos al maestro por Profibus</i>	45
3.3	Programación de HMI	45
3.3.1	<i>Programación HMI KTP600 MASTER</i>	45
3.3.2	<i>Programación HMI KTP600 SLAVE</i>	47
3.2.3	<i>Programación de HMI DP</i>	49
3.4	Programación en LabVIEW.....	50
3.4.1	<i>Comunicación de STEP7 y LabVIEW por OPC server</i>	50
3.4.2	<i>Creación del NI OPC</i>	53
3.4.3	<i>Creación de memorias para comunicación entre LabVIEW Y PLC</i>	54

3.4.5	<i>Agregar variables a boléanos y numéricos</i>	55
3.4.6	<i>Programación en Block Diagram del VI</i>	57
3.4.7	<i>Realizar pruebas de funcionamiento y calibración</i>	58
3.5	Plan de mantenimiento.....	60
3.5.1	<i>Normas de seguridad</i>	61

CAPITULO IV

5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
5.1	<i>Conclusiones</i>	63
5.2	<i>Recomendaciones.....</i>	64

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Breves funciones de las capas del modelo OSI.....	4
Tabla 2-2: Niveles de comunicación.....	6
Tabla 3-2: Redes de comunicación industrial	7
Tabla 4-2 Protocolos TCP/IP	10
Tabla 5-2 Características de las versiones de la Red Profibus.....	13
Tabla 6-2 Características de AS-i.....	17
Tabla 7-2 Características de los diferentes buses.....	21
Tabla 1-3 Descripción de los módulos agregados.....	28
Tabla 2-3 Identificación de redes mediante sus colores	31
Tabla 3-3 Ajustes predefinidos de la comunicación Modbus RTU.....	38
Tabla 4-3 Estructura de mensajes de Modbus	39
Tabla 5-3 Actividades de mantenimiento en el Sistema Eléctrico.....	60
Tabla 6-3 Actividades de mantenimiento en el módulo de aluminio.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Pirámide de comunicación	6
Figura 2-2 Control centralizado	8
Figura 3-2 Control distribuido.....	8
Figura 4-2 Topologías de red.....	9
Figura 5-2 Red PROFINET	11
Figura 6-2 Red PROFIBUS	12
Figura 7-2 Maestro Profibus CM 1243-5	14
Figura 8-2 Esclavo Profibus CM 1242-5.....	15
Figura 9-2 Conector Profibus	15
Figura 10-2 Red AS-i	16
Figura 11-2 Estructura de la comunicación MODBUS.....	18
Figura 12-2 Estructura de Mensajes del Protocolo MODBUS.....	19
Figura 13-2 Medidor multifuncional SENTRON PAC 3100	20
Figura 14-2 Nomenclatura del PLC S7-1200	22
Figura 15-2 Pantalla de diagramas de bloques	24
Figura 16-2 Pantalla de diagramas de bloques 24	
Figura 1-3. Creacion del proyecto.....	26
Figura 2-3 Selección de PLCs.....	26
Figura 3-3 Selección de HMI.....	27
Figura 4-3 Dispositivos agregados.....	28
Figura 5-3 Módulos agregados al PLC MASTER	29
Figura 6-3 Módulos agregados al PLC SLAVE	30
Figura 7-3 Integración y direcciones de las redes.....	31
Figura 8-3 Área de transferencia.....	32
Figura 9-3 Compilación de dispositivos.....	32
Figura 10-3 Carga avanzada de los PLCs.....	33
Figura 11-3 Carga avanzada de HMI	33
Figura 12-3 Inicio general Profibus	34
Figura 14-3 Envío de datos a esclavo.....	34
Figura 15-3 Bloque y lenguaje de programación.....	35
Figura 16-3 Bloque NORM_X	35

Figura 17-3 Bloque SCALE_X.....	36
Figura 18-3 Recibir datos del esclavo	37
Figura 19-3 Marcas de sistema y ciclo	37
Figura 20-3 Bloque MB_LOAD	38
Figura 21-3 Comunicación RS 485.....	39
Figura 22-3 Comunicación RS-485	39
Figura 23-3 Envío de datos al maestro	40
Figura 24-3 Modulo de comunicación 1243-2 Maestro As-i	41
Figura 25-3 Fuente de poder As-interface.....	41
Figura 26-3 Conector M12 para esclavos AS-i	42
Figura 27-3 Esclavo ASI 3RK2400-1HQ00-0AA3	42
Figura 28-3 Ejemplo de direccionamiento del esclavo	43
Figura 29-3. Programación de sensores en la red AS-i	43
Figura 30-3. Contadores programados en la red AS-i.....	44
Figura 31-3 Programación AS-i.....	44
Figura 32-3 Direcciones de la programación AS-i	45
Figura 33-3 Selección de procesos.....	46
Figura 34-3 Proceso Motor en HMI.....	46
Figura 35-3 Ingreso de valores de la velocidad del motor 3F	47
Figura 36-3 Visualización SENTRON PAC 3100.....	47
Figura 37-3 Imagen raíz	48
Figura 38-3 Proceso esclavo	48
Figura 39-3 Cable MPI.....	49
Figura 40-3 Inicio de procesos.....	49
Figura 41-3 Inicio LabVIEW.....	50
Figura 42-3 Pantallas de LabVIEW	51
Figura 43-3 Vista frontal VI	51
Figura 44-3 Vista Fontal VI-Inicio de proceso General.....	52
Figura 45-3 Vista frontal VI del variador.....	52
Figura 46-3 Vista frontal VI del proceso selección de piezas	52
Figura 47-3 Creación de un nuevo canal en OPC.....	53
Figura 48-3 Configuración de parámetros en el nuevo canal	53
Figura 49-3 Creación de un nuevo tag	54
Figura 50-3 Propiedades del tag.....	54

Figura 51-3 Tag creadas en OPC	55
Figura 52-3 Menú de opciones	55
Figura 53-3 Aparat de propiedades	56
Figura 54-3 Aparatdo de Data Binding	56
Figura 55-3 Selecciona miento del tipo de acceso Read/Write	56
Figura 56-3 Se escoge la variable correspondiente a cada booleano	57
Figura 57-3 La variable esta asignada al booleano correspondiente	57
Figura 58-3 Pantalla de bloques.....	58
Figura 59-3 Acondicionamiento del SENTRON PAC 3100.....	58
Figura 60-3 Integravion de redes industriales mediante Labview	59
Figura 61-3 Tablero de redes industriales	59
Figura 62-3 Proceso de selección de piezas.....	60

LISTA DE ABREVIACIONES

SCADA	Supervisory, control and data acquisition. (Supervisión, control y adquisición de datos)
PLC	Controlador Lógico Programable
RTU	Remote Terminal Unit
TCP/IP	Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet
KOP	Esquema de Contactos
E/S	Entradas y Salidas
I	Señales de Entrada del Proceso
Q	Señales de Salida al Proceso
M	Memorias de programación marcas
OSI	Open Systems Interconnection
OPC	OLE for Process Control
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
NI	National Instruments
LABVIEW	Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench
VI	Instrumentos Virtuales

LISTA DE ANEXOS

- A.** Diagrama de programa cargado en el PLC Maestro
- B.** Diagrama de programa cargado en el PLC Esclavo
- C.** Variables modbus medidas con los códigos de función 0x03 y 0x04
- D.** Diagrama de conexión de los diferentes protocolos de comunicación

RESUMEN

Se realizó la integración de redes industriales, para el desarrollo de este trabajo se investigó acerca de las configuraciones de las redes: Profibus, Ethernet/Profinet, AS-i y el protocolo de comunicación Modbus RTU RS 485, la topología y configuración para la transmisión de datos entre la PC y dispositivos electrónicos que constituyen la integración de redes industriales. Creada la comunicación entre la PC y cada uno de los dispositivos electrónicos que constituyen el módulo de redes industriales se procede a programar un dispositivo a la vez. La integración de redes está diseñada para la transferencia de datos de control y monitoreo entre las estaciones maestro-esclavo, la integración se la realizó con procesos ya existentes en el laboratorio de Control y Manipulación Automática de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, la estación que trabaja como maestro sería una PC (Software LabVIEW), el cual se encarga de enviar y recibir señales de escritura y lectura procedentes de las estaciones esclavos. Se realizaron las pruebas de funcionamiento de la transferencia de datos en la red de comunicación maestro esclavo: LabVIEW entre PLC MASTER S7 1200 (SIEMENS) y PLC SLAVE S7 1200, MODBUS RTU – PLC S7 1200 (SIEMENS) Y LabVIEW por medio del serial RS 485 Y OPC, cabe recalcar que en todos los casos el software LabVIEW hace de maestro en la red. Previo a la manipulación del módulo se recomienda una correcta familiarización del uso de todos los elementos que se ha utilizado en el desarrollo de este trabajo.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO>, <PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN>, <CONTROL INDUSTRIAL>, <LABVIEW (SOFTWARE)>.

ABSTRACT

It was carried out the integration of industrial networks, the development of this work was researched based on networks settings such as: Profibus, Ethernet / Profinet, AS-i and the communication protocol Modbus RTU RS 485, the topology and configuration for the transmission of data between the PC and electronic devices that constitute the integration of industrial networks. Created communication between PC and each one of the electronic devices that constitute the module of industrial networks, it proceeds to program one device at a time. The integration of networks is designed for the transfer of control and monitoring data between the master-slave stations, the integration was made with already existing processes in the Control and Automatic Manipulation laboratory at the of Maintenance Engineering School, the station that works and reading as a master would be a PC (Software LabVIEW) which is responsible for sending and receiving writing and reading signals from slave stations. The operation tests of the data transfer in the slave master communication network were performed: LabVIEW between PLC MASTER S7 1200 (SIEMENS) and PLC SLAVE S7 1200, MODBUS RTU - PLC S7 1200 (SIEMENS) and LabVIEW through serial RS 485 And OPC, it should be highlighted in all cases the software LabVIEW which acts as a teacher in the network. Previous the manipulation of the module it is recommended the correct familiarization in the use of all of the elements that have applied the development of this research.

Key words: <ENGINEERING SCIENCE AND TECHNOLOGY>, <MAINTENANCE ENGINEERING>, <COMMUNICATION PROTOCOLS>, <INDUSTRIAL CONTROL>, <LABVIEW (SOFTWARE)>.

INTRODUCCIÓN

Las redes industriales adquieren un gran importancia día tras día en las industrias manufactureras en el sistema de automatización que permite conectar varios equipos diferentes de manera segura en una red industrial, sin necesidad de realizar acondicionamientos mediante protocolos de comunicación. En el laboratorio de control y manipulación automática existen varios equipos que utilizan diferentes redes industriales y protocolos de comunicación por lo que es necesario aprovecharlos para que los estudiantes se capaciten en los diferentes tipos de redes y su mantenimiento, que será útil en la vida profesional de los estudiantes.

Esta propuesta tecnológica está dirigida hacia el desarrollo y aplicación de un sistema de integración de redes industriales mediante la utilización del software LabVIEW mediante el cual se desarrollara un sistema SCADA para el monitoreo y adquisición de datos, se seleccionará y programará adecuadamente el Controlador Lógico Programable (PLC), donde el conjunto de enlaces y protocolos tienen como objeto la comunicación de equipos con las diversas redes industriales disponibles que trabajan independientemente en el Laboratorio de Control y Manipulación Automática de la Carrera de Ingeniería de Mantenimiento, de la Facultad de Mecánica en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

La importancia de LabVIEW para la integración de todos estos equipos en las distintas redes o de manera directa con un pc, radica en la facilidad de programación gráfica que presenta dicho software y la inmensa cantidad de utilidades que posee para su uso y aplicación con redes industriales comunes presentes en la industria en gran cantidad y de diverso tamaño

CAPITULO I

1.1 Antecedentes

Durante las últimas décadas se ha generado un enorme crecimiento en el campo de la aplicación de las redes industriales. Sin embargo, muchas de ellas se desarrollaron utilizando diferentes protocolos de hardware y software; por lo que, muchas de las redes fueron incompatibles, provocando dificultad para comunicación entre redes que utilizaban especificaciones distintas. La solución para este problema fue planteada por la Organización Internacional para la Normalización (ISO), que realizó investigaciones acerca de los esquemas de red y planteó un modelo que pudiera ayudar a los diseñadores de red a implementar redes que se comuniquen y trabajen en conjunto, por lo tanto, elaboraron el modelo de referencia OSI en 1984.

El laboratorio de Control y Manipulación Automática, de la Carrera de Ingeniería de Mantenimiento de la Facultad de Mecánica cuenta con una diversidad de sensores, actuadores, dispositivos electrónicos y estaciones de procesos industriales que podrían comunicarse entre sí, a su vez la comunicación de los mismos se encuentra determinada por diferentes redes que trabajan independientemente las cuales poseen configuraciones específicas y utilizan diversos protocolos de comunicación.

La implementación de un sistema SCADA ayuda a la integración de las redes industriales y la fácil programación grafica del software LABVIEW brinda la versatilidad para el control y adquisición de datos.

1.2 Planteamiento del problema

El laboratorio de Control y Manipulación Automática, de la Carrera de Ingeniería de Mantenimiento de la Facultad de Mecánica a pesar de tener disponibles los equipos que utilizan diversas redes industriales no se ha desarrollado aun la integración directa de los

mismos con un potente software como lo es LabVIEW y su compatibilidad para realizar un sistema SCADA en el mismo, la existencia de este desarrollo a través del software que integra todos los niveles de la pirámide CIM de automatización basados en modelo de comunicación OSI, ayudará a los estudiantes de la Carrera de Ingeniería de Mantenimiento que se perfilen hacia el campo de la automatización, control y manipulación , a desarrollar destrezas útiles para su futura vida profesional.

1.3 Justificación

Debido a la problemática planteada y considerando que las diferentes redes industriales que trabajan en el Laboratorio de Control y Automatización de la carrera de Ingeniería de Mantenimiento se manejan con diferentes protocolos de hardware y software; se encuentra necesario la integración de las redes industriales, con lo que se puede lograr enlaces, comunicaciones y configuraciones mediante un sistema SCADA desarrollado en el software industrial LabVIEW, donde se realizaran archivos de instrumentos virtuales (VI's), con lo cual este sistema de integración de redes y estándares de comunicación industrial como Ethernet/Profinet, Profibus, Modbus, AS-i y OPC, nos permitirá el monitoreo y la transferencia de información de los procesos en los cuales estarán integrados como puede ser el proceso de selección de piezas , a través de las diferentes configuraciones, protocolos, enlaces y equipos disponibles en el Laboratorio de Control y Manipulación Automática de la Carrera de Ingeniería de Mantenimiento, además este trabajo servirá de guía para los estudiantes que deseen desarrollar prácticas y obtener conocimiento acerca de las redes de comunicación comunes presentes en la industria, recalcando que se especificará el mantenimiento adecuado que debe realizarse en las redes industriales, las mismas que son abundantes debido a la diversidad de equipos existentes en el campo laboral.

Este trabajo académico se orienta acorde a la misión y visión de la CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO, innovará y complementarán el desarrollo intelectual de los estudiantes, mejorando su preparación y experiencia en el campo de control y manipulación automática, colaborando así con el compromiso de entregar profesionales de calidad al país que cumplan con los requerimientos y sean el futuro cambio que necesitan las industrias.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo General*

Integrar distintos protocolos de comunicación industriales mediante un software de monitoreo y adquisición de datos en el Laboratorio de Control y Manipulación Automática de la Carrera de Ingeniería de Mantenimiento.

1.4.2 *Objetivo Especifico*

Analizar los protocolos de comunicación industrial por medio de la pirámide de automatización para diseñar la integración de los mismos.

Identificar las redes industriales implementadas y los equipos existentes en el laboratorio de control y manipulación automática estudiando los desarrollos previos para integrar una red industrial adicional.

Determinar la arquitectura y topología adecuada para integrar las redes y protocolos de comunicación Industrial.

Programar y configurar los equipos seleccionados por medio de software especializado para implementar la red industrial.

Implementar un sistema SCADA en LabVIEW por medio de un OPC con PLC y redes industriales, para el control y monitoreo de un proceso productivo.

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

La comunicación industrial tiene un crecimiento continuo, por lo que adquiere mayor importancia para los procesos automatizados en las industrias manufactureras modernas. La comunicación industrial son sistemas de automatización que se conforman por una variedad de equipos que pueden ser de diferente fabricante, su funcionamiento está alineado a los distintos niveles de comunicación, frecuentemente se requiere que estos equipos trabajen conjuntamente entre sí, para un mejor resultado del proceso, de forma que, para que esto suceda se define en las redes industriales, por lo cual una comunicación integrada en el sistema nos brindara mayor flexibilidad y permite integrar varios equipos. (CASTRO SILVA, y otros, 2017).

2.1.1 Modelo OSI de comunicación. El modelo OSI (Open Systems Interconnection) es un modelo que nos ayuda como referencia para la interconexión de sistemas abiertos, con la particularidad que OSI es un protocolo que presenta 7 capas. “Las únicas capas del modelo OSI que interactúa el usuario son las capas físicas y de aplicación”. (CASTRO SILVA, y otros, 2017)

Tabla 1 2: Breves funciones de las capas del modelo OSI

Aplicación	“Proporciona el acceso al entorno OSI y servicios de información distribuida para los usuarios”.
Presentación	“Proporciona a los procesos de aplicación, Independencia respecto a las diferencias en la representación de los datos (syntaxis)”.

Tabla 1 2: Breves funciones de las capas del modelo OSI

Sesión	“Proporciona el control de la comunicación entre las aplicaciones; establece, gestiona y cierra las conexiones (sesiones) entre las acciones cooperadoras”.
Transporte	“Proporciona seguridad, transferencias y transparencia de datos entre los puntos finales, además de recuperación de errores y control de flujo origen-destino”.
Red	“Proporciona independencia a los niveles superiores respecto a las técnicas de conmutación y transmisión utilizada para conectar los sistemas, es responsable del establecimiento, mantenimiento y cierre de las conexiones”.
Enlace de datos	“Proporciona una transferencia de datos segura a través del enlace físico; envía tramas de datos llevando a cabo la sincronización, el control de errores y flujo”
Físico	“Se encarga de la transmisión de cadenas de bits no estructurados sobre el medio físico, está relacionado con las características mecánicas, eléctricas, funciones y procedimientos para acceder al medio físico”.

Realizado por: Espinoza Mercedes, Baño Jhonny. 2018

Fuente: (CASTRO SILVA, y otros, 2017)

2.1.2 Comunicación de campo. Los buses de comunicación son los que permiten que exista el envío y recepción de la información, utilizando mensajes cortos para el control y la interconexión de los dispositivos electrónicos. Estos son capaces de conectar los diferentes tipos de controladores lógicos con los sensores y actuadores que puedan existir en los procesos industriales automatizados. Además, se dividen en dos tipos de buses, “el bus de dispositivos que utiliza pocos bytes y el bus actuador-sensor que utiliza bit.” (CASTRO SILVA, y otros, 2017)

2.2 Pirámide CIM de comunicación

CIM en sus siglas en inglés Computer Integrates Manufacturing, se representa con una pirámide donde se establece los diferentes niveles de comunicación. (HERNÁNDEZ TINOCO 2016)



Figura 1 2: Pirámide de comunicación
Fuente: (HERNÁNDEZ TINOCO 2016)

2.2.1 Niveles de comunicación. Una red industrial de comunicación tiene interconectado una variedad de dispositivos a los cuales se les puede clasificar. (HERNÁNDEZ TINOCO, 2016)

Tabla 2 1: Niveles de comunicación

Niveles de comunicación	Descripción	Dispositivos/redes
Nivel de gestión	Es el encargado del Monitoreo.	Aplicaciones en red o estaciones de trabajo.
Nivel de control	Es el encargado de enlazar y dirigir.	Dispositivos: autómatas, control de calidad, ordenadores de diseño, programación. Redes: LAN.
Nivel de campo y proceso	Se encarga de la integración de pequeños automatismos dentro de sud-redes o islas.	Redes: buses de campo o las redes Ethernet
Nivel de sensores y actuadores	Comunicación directa con el proceso.	Dispositivos: actuadores y sensores.

Realizado por: Espinoza Mercedes, Baño Jhonny. 2018
Fuente: (HERNÁNDEZ TINOCO, 2016)

2.3 Red Industrial

“Una red se la define como un conjunto de elementos interconectados entre sí, para obtener información disponible en cada uno o varios de los dispositivos de red.” (ROJAS, 2002)

2.3.1 Redes de comunicación industrial. Las comunicaciones responden a las necesidades de intercomunicación en tiempo real, por lo que deben poseer características particulares. “En el uso de comunicaciones industriales se pueden separar dos áreas principales: una comunicación a nivel de campo y una comunicación hacia el SCADA, ambos la transmisión de datos es en tiempo real”.

Existen varios tipos de redes, según el entorno donde van a ser instaladas. . (HURTADO, 2013)

Tabla 3 2: Redes de comunicación industrial

Tipo de red	Descripción	Observaciones
Red de fábrica	Redes de oficina, contabilidad y administración, gestión de bodega.	Volumen de información intercambiado muy alto.
Red de planta	Redes de interconexión de módulos y células de fabricación entre sí.	Utilizado para el control de producción de planta.
Red de célula	Redes de interconexión de dispositivos de fabricación que operan en modo secuencial.	Gestionan mensajes cortos eficientemente.
Bus de campo	Sistema de dispositivos de campo y dispositivos de control, que comparten un bus digital serie bidireccional.	Permite sustituir el cableado entre sensores-actuadores y elementos de control.

Realizado por: Espinoza Mercedes, Baño Jhonny. 2018

Fuente: (HURTADO, 2013)

2.3.2 Sistemas de control de una red industrial

Existen tres tipos de sistemas de control industrial: *control centralizado*, *control híbrido*, y *control distribuido*. “La importancia de las tareas a realizar, o la posibilidad de

subdividir la tarea de control del proceso o conjunto de máquinas en esas funciones autónomas, determinara en muchos casos la elección de un tipo u otro de control” (HURTADO, 2015)

2.3.2.1 Control centralizado. Este control es utilizado en sistemas de poca complejidad, por lo que el proceso puede ser administrado directamente con un solo elemento de control el cual se ocupara de la supervisión y monitorización, mientras las necesidades del proceso aumenten se puede utilizar elementos más complejos de control y mantenerse con un solo elemento de control. (HURTADO, 2013)

2.3.2.2 Control distribuido. Esta opción es necesario utilizarla cuando se considere grupos de áreas o procesos definidos por un algoritmo de control, se le asigna a cada unidad un elemento de control y ellos estarán interconectados entre sí de acuerdo a las necesidades, mediante una red de comunicación industrial para el intercambio de datos y monitorización. (HURTADO, 2013)

2.3.2.3 Control Híbrido. Este tipo de control no se lo define claramente por que se encuentra entre el control distribuido y el control centralizado, este tipo de gestión considera cualquier estrategia de distribución de control. (HURTADO, 2013)

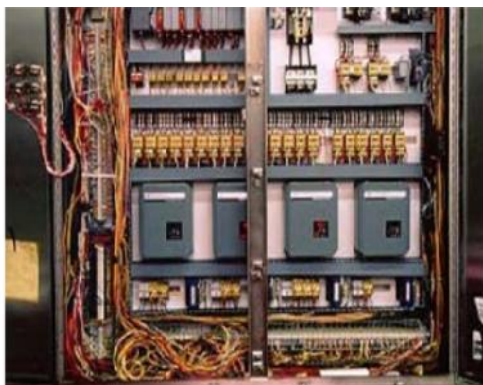


Figura 2 1 Control centralizado
Fuente:(HURTADO, 2013)



Figura 3 2 Control distribuido

2.3.3 Topología de red.

Las topologías de red son las estructuras de comunicación. Existe una topología física y una lógica, la primera define la estructura física de la red y la segunda las reglas asociadas a la topología de red.

La Figura 4 2 muestra las diferentes topologías de red existentes. (MUÑOZ, 2009)

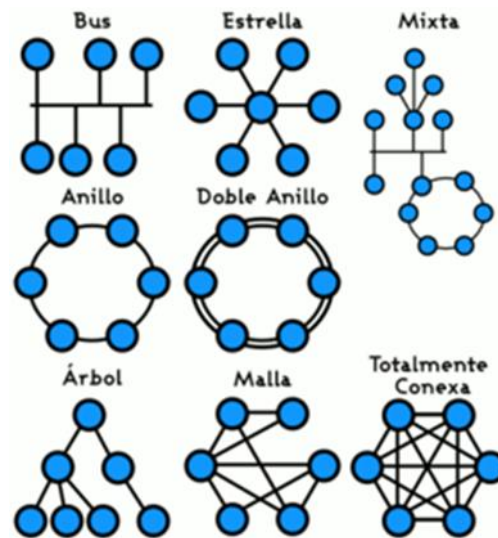


Figura 4 2 Topologías de red
Fuente: (MUÑOZ, 2009)

2.3.3.1 Interconexión total. Conocido como conexión punto a punto, es decir una conexión total cuando los nodos se conectan de forma directa. (MUÑOZ, 2009)

2.3.3.2 Interconexión Parcial. Cuando todos los nodos no se conectan por medio del enlace punto a punto (MUÑOZ, 2009)

2.3.3.3 Interconexión en estrella. Esta conexión permite controlar la transferencia de datos ya que cada nodo se conecta a un nodo central. (MUÑOZ, 2009)

2.3.3.4 Interconexión en bus. El BUS es el medio de envío y recepción de datos al cual todos los elementos están conectados, es decir toda la información hacia todos los nodos es transmitida por el bus. Esta conexión es la más utilizada en las industrias ya que permite la comunicación cruzada, regulación de datos y cubrir una gran extensión. (MUÑOZ, 2009).

2.3.3.5 Interconexión en anillo. No hay nodo que sea el principal ya que la información se transmite de dispositivo a dispositivo hasta llegar a su destino. (MUÑOZ, 2009)

2.3.3.6 Interconexión en árbol. Es la unión de diferentes estructuras en un bus, con varias ramas de conexión entre sí (MUÑOZ, 2009)

2.4 Protocolos de comunicación industriales

Un protocolo de comunicación es un compendio de reglas que permiten el intercambio y transferencia de datos de uno o varios equipos electrónicos de control que pertenecen a una red. “Estos poseen importantes ventajas como diagnóstico remoto de componentes, mayor precisión derivada de la integración de tecnología en las mediciones y, mayor y mejor disponibilidad de información de los dispositivos de campo”. (LAGOS, 2006)

Un bus de campo es un sistema de transmisión que permite la integración de equipos para el control y medición de variables de proceso que simplifica la instalación y operación de máquinas y elementos de control industriales en un proceso de producción industrial. En una estructura de red industrial existen las categorías de Redes LAN, Redes LAN-WAN y Buses de campo. (LAGOS, 2006)

“Existen las categorías Buses de campo, Redes LAN y Redes LAN-WAN para el diseño de una estructura de redes de comunicación industrial”. (LAGOS, 2006)

2.4.1 Ethernet

Es un estándar de transmisión de datos conocido también como estándar IEEE 802.3 que utiliza los protocolos TCP/IP para redes de área local bajo el método conocido como CSMA/CD “Carrier Sense Multiple Access, with Collision Detection” que se basa en el control de acceso al medio conocido y detección de colisiones, que determina cuando un paquete de datos está ubicado en la red y antes de enviar información se asegura que otro dispositivo no esté transmitiendo datos y el medio esté “libre”, entonces los dispositivos empiezan a transmitir. Cuando durante la transmisión se detecta que dos paquetes de datos se encuentran transmitiendo ambos detendrán sus transmisiones y realizarán un proceso de tiempo aleatorio para volver a transmitir nuevamente. (HURTADO, 2013)

2.4.1.1 Protocolo TCP/IP. Este protocolo permite el intercambio de información entre centro de control y controladores, este es un conjunto de protocolos que se utiliza donde el intercambio de información no es crítico. (PENIN, 2008)

Tabla 4 2 Protocolos TCP/IP

PROTOCOLO	SERVICIO
IP (Protocolo Internet)	Proporciona servicios para entrega de paquetes de nodos mediante la utilización de la “dirección IP”, formada por cuatro bytes.
TCP (Protocolo de control de transmisión)	Regula la trasmisión de mensajes de error y control entre los hosts y los routers.

Realizado por: Espinoza Mercedes, Baño Jhonny. 2018

Fuente: (PENIN, 2008)

2.4.2 Profinet

Profinet es un estándar Ethernet abierto que utiliza el protocolo TCP/IP cumpliendo la especificación IEC 61158, este tipo de red permite una comunicación homogénea directa desde el nivel de campo hasta el nivel de gestión. La Figura 5 2 muestra una red Profinet. (HURTADO 2013)



Figura 5 2 Red PROFINET

Fuente: (HURTADO 2013)

2.4.2.1 Características de Profinet

- Profinet I/O permite la comunicación en tiempo real para datos E/S cíclicos
- Profinet permite configurar la red con una arquitectura en línea sin necesidad de switches externos adicionales
- Sistema Maestro-Esclavo como en profibus

- La configuración se lo realiza como una red de campo
- La comunicación es rápida, fácil, flexible y abierta
- Alta velocidad por dispositivo
- Distancia de 100m entre dispositivos
- Utilización de conectores RJ45 industriales apantallados
- Velocidades grandes de transmisión (10-100-1000Mbps)
- Ofrece la posibilidad de integrar sistemas de bus de campo ya existentes a través de un proxy por ejemplo: Profibus, AS-i, etc.(HURTADO,2013)

2.4.3 Profibus

Por sus siglas en ingles Process Field BUS impulsado por los fabricantes alemanes, es un bus de campo abierto líder en Europa, que se encuentra estandarizado con la norma DIN 19245 (Deutsches Institut fut Normung o Instituto Alemán de Normalización) en primera instancia por los principios de 1991 para después ser integrado por el CENELEC a la norma europea en el año 1996, EN 50170 (volumen 2), lo que nos ofrece una gran confiabilidad en la comunicación entre equipos, en la actualidad existen las siguientes versiones de profibus: **Profibus-PA**, **Profibus-FMS**, **Profibus-DP**. La Figura 6 2 muestra una red profibus. (HURTADO, 2013)



Figura 6 2 Red PROFIBUS
Fuente: (HURTADO, 2013)

2.4.3.1 Profibus DP. Periferia descentralizada diseñada para la comunicación rápida con tiempos de reacción con unidades periferias descentralizadas, esta red incorporan un maestro y uno o varios esclavos. La configuración del maestro permite que el maestro inicie la red y reconoce cuales tipos de esclavos están conectados y verifica si coinciden

con la configuración. Si existe otro maestro en la red este tendrá un acceso limitado a los esclavos del primer maestro. (HURTADO, 2013)

2.4.3.2 Profibus FMS (Field Message Specification). La importancia de esta versión es conseguir un tiempo de reacción pequeño. Es aplicable para la comunicación con dispositivos de campo con interface FMS y de autómatas en pequeñas células. (HURTADO, 2013)

2.4.3.3 Profibus PA (Process Automation). Es compatible en comunicación con una tecnología que permite aplicaciones en áreas con riesgo de explosión. Es la ampliación de Profibus - DP y corresponde con el estándar internacional IEC 1158-2 (HURTADO, 2013)

2.4.3.4 Características de las diferentes versiones de Profibus

La Tabla 5 2 muestra las características más importantes de las diferentes versiones de la red profibus. (HURTADO, 2013)

Tabla 5 2 Características de las versiones de la Red Profibus

	PROFIBUS – FMS	PROFIBUS-DP	PROFIBUS-PA
Aplicación	Nivel de campo y proceso	Nivel de E/S	Nivel de E/S
Estándar	EN 50 170/IEC 61158	EN 50 170/IEC 61158	IEC 1158-2
Dispositivos conectables	Plc, PG/PC Dispositivos de campo	Plc, PG/PC Dispositivos de campo, accionamientos, OPs	Dispositivos de campo para áreas con riesgo de explosión
Tiempo de respuesta	< 60 ms	1-5 ms	<60 ms
Tamaño de red	<= 150 Km	<= 150 Km	Max. 1.9 Km
Velocidad	9.6 Kbit/s – 1.2 Mbit/s	9.6 Kbit/s – 1.2 Mbit/s	31.25 Kbit/s
Nota_ : bit/s es una taza de velocidad para medir la trasferencia de datos de un punto a otro en un segundo, esta no se debe confundir con byte (1 byte = 8 bits)			

Realizado por: Espinoza Mercedes, Baño Jhonny. 2018

Fuente: (HURTADO, 2013)

2.4.3.5 Características de Profibus

- Profibus permite la comunicación entre equipos de varias marcas sin un sistema de comunicación adicional
- La comunicación es bidireccional.
- Profibus tiene un nivel alto en su sistema de comunicación.
- Profibus logra una transmisión de datos entre controladores con los dispositivos de campo.
- Bajo coste. disminuye cableado y simplifica los diagramas de conexión, es competitivo en el mercado.
- Constante actualización mediante Profibus Internacional. (Profibus Internacional, 2012)

2.4.3.6 *Maestro Profibus*. El modulo CM 1243-5 es utilizado para la comunicación del maestro SIMATIC S7-1200 Profibus Dp, permite conectar con paneles con interfaz Profibus y dispositivos de programación, también soporta las velocidades de transmisión que van desde 9,6KBit/s hasta 12Mbit/s. (Siemens, 2014)



Figura 7 2 Maestro Profibus CM 1243-5

Fuente: <https://www.automation24.es/siemens-cm-1243-5-6gk7243-5dx30-0xe0>

2.4.3.7 *Esclavo Profibus*. El modulo CM 1242-5 se alimenta a través del bus de fondo, se admiten la velocidad de transferencia de 9,6 kbits/s a 12 Mbits/s. La interfaz funciona

según la técnica de transferencia RS485 y es un conector hembra quien se rige a la técnica de transferencia RS485. (Siemens, 2014)



Figura 8 2 Esclavo Profibus CM 1242-5

Fuente: <https://www.automation24.es/siemens-cm-1242-5-6gk7242-5dx30-0xe0>

2.4.3.8 Conector de bus Profibus Fast Connect. La interfaz que usa este tipo de conector es la RS485, tiene un aislamiento galvánico entre la pantalla del cable y el sistema electrónico. El conector de bus PROFIBUS Fast Connect permite: conectar estaciones con una interfaz eléctrica de 9 polos sub D según IEC 61158-2 con los cables PROFIBUS de SIMATIC NET además permite conectar estaciones o programadoras al repetidor. (Siemens, 2014)



Figura 9 2 Conector Profibus

Fuente: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6ES7972-0BA52-0XA0>

2.4.4 As-i (Actuador/Sensor Interface)

Siemens es el que desarrolló este protocolo y define esta interfaz en el nivel más bajo de la pirámide de automatización donde operan los actuadores y sensores. AS-i tiene un estructura que permite la integración hasta el nivel de sensor, y esto convierte a esta

El nivel de dispositivos donde se realiza la conexión de dispositivos de campo complejo está por encima de AS-i y la comunicación se produce a nivel de bytes. El Nivel de Campo es dónde se conectan equipos de control de producción en una instalación e instalaciones en diferentes plantas, es el más alto nivel en la jerarquía de la automatización. (IFM ELECTRONIC, 2009)

2.4.4.1 Características

- Nivel alto de seguridad
- Soporta cualquier tipo de topología
- La red AS-i es capaz de sustituir los sistemas grandes y con altos ya que son eficientes y muy rápidos.
- Mantenimiento cómodo
- Flexibilidad, la expansibilidad es muy fácil de conseguir mediante la conexión de un módulo, direccionar y, luego conectar el cable de la red (GUERRERO, y otros, 2009)

Tabla 6 2 Características de AS-i

Topología	Estructura de árbol en línea con ramales
Medio	Cable de dos hilos no apantallado /Cable plano AS-i)
Longitud de cable	100m, prolongación mediante repetidor
Numero de esclavos por red	Hasta 62 esclavos
Tiempo de ciclo	5.....10ms
Tipo de acceso	Interrogación secuencial cíclica, sistema de maestro único
Direccionamiento	Dirección inequívoca y fija en el esclavo
Detección de errores	Identificación y repetición de telegramas erróneos
Datos útiles por esclavo	Datos de 4 bits(cíclicos), parámetros de bits (acíclicos) >4bits con protocolo de datos (multiplex)

Realizado por: Espinoza Mercedes, Baño Jhonny. 2018

Fuente:(SIEMENS, 2015)

2.4.5 Modbus

Modbus es un protocolo de comunicación serie creado por Modicon en el año de 1979, en la actualidad es un protocolo de uso libre y el más utilizado en el mundo de la automatización. Modbus se basa en la arquitectura Maestro/Esclavo, el dispositivo (maestro) debe enviar solicitud y esperar una respuestas del dispositivo esclavo, por lo general el maestro es una interfaz hombre-máquina (HMI) o sistema SCADA y el esclavo suele ser un sensor o un PLC (HURTADO, 2015).

La conexión para este protocolo se lo realiza mediante líneas serie que pueden ser RS-232 o RS-485, pero en la actualidad existen más opciones de conectividad como el Modbus TCP, que permite el encapsulamiento del Modbus series en tramas Ethernet TCP/IP de una manera sencilla, este protocolo permite conectar varios equipos de diferentes marcas sin la necesidad de realizar acondicionamientos en una red de comunicación.

“Los dispositivos Modbus usan interfaces serie compatibles con RS- 232C y RS-485, siendo el bus capaz de alcanzar distancias de transmisión de información de alrededor de 1 Km a velocidades de 19’2 Kbps”. (WEG, 2012)

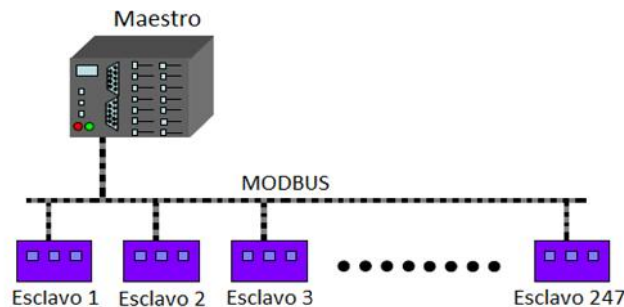


Figura 11 2 Estructura de la comunicación MODBUS
Fuente:(TERATRONIX, 2016)

2.4.5.1 Modos de transmisión Modbus. Existen tres modos de trasmisión ASCII, RTU Y TCP. “American Standard Code for Information Interchange o ASCII por sus siglas, es un sistema de codificación hexadecimal y cada carácter consta de 1 bit de inicio, 7 bits de codificación de los datos, 1 bit de paridad(opcional) y 1 o 2 bits de parada, ósea un total de 9 a 11 bits por carácter” (WEG, 2012)

“Remote Terminal Unit o RTU por sus siglas, es un sistema de codificación binario donde cada palabra transmitida posee 1 bit de inicio, 8 bits de codificación de los datos, 1 bit opcional de paridad y 1 o 2 bits de parada”. (WEG, 2012)

“La versión Modbus/TCP es muy similar al formato RTU, pero estableciendo la transmisión mediante paquetes TCP/IP; y la comunicación se establece por redes Ethernet”. (WEG, 2012)

2.4.5.2 *Modbus RTU*. En el tipo de transmisión RTU el inicio de la comunicación lo realiza el maestro, este envía una solicitud a un esclavo y este responde al maestro. RTU permite un solo maestro y un máximo de 247 esclavos.

La estructura utilizada en este protocolo del mensaje maestro y esclavo es la misma: Dirección, Código de la Función, Datos y Suma de chequeo. (WEG, 2012)

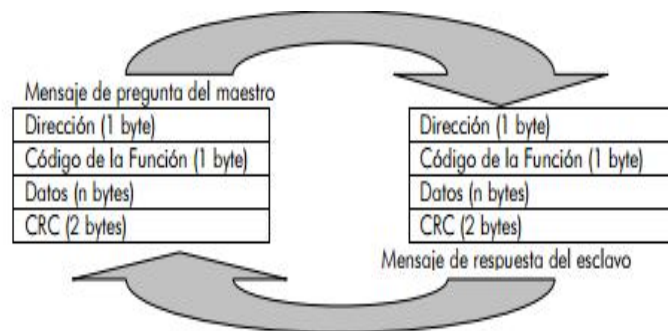


Figura 12.3 Estructura de Mensajes del Protocolo MODBUS.
Fuente: (WEG, 2012)

2.4.5.2.1. *Dirección*. “El maestro envía un byte con la dirección del esclavo. Al enviar la contestación el esclavo envía el telegrama con su propia dirección, esto con el fin de que el maestro sepa cuál es el esclavo que está enviando la respuesta”. (WEG, 2012)

2.4.5.2.2 *Código de la función*. “El código función está compuesto de un solo byte y es en este campo en donde el maestro especifica lo que solicita al esclavo (lectura, escritura, etc.)”. (WEG, 2012)

2.4.5.2.3 *Datos*. “Este es un campo con tamaño variable. El formato y el contenido de este campo dependen de la función utilizada. Este campo está descrito juntamente con la descripción de las funciones”. (WEG, 2012)

2.4.5.2.4 *CRC*. “Es un campo destinado al chequeo de errores de transmisión. Este campo está conformado por dos bytes, donde primero es transmitido el byte menos significativo (CRC-), y después el más significativo (CRC+)”. (WEG, 2012)

2.4.5.2.5 *Cableado del bus RS-485*. Este cableado es muy básico, este estándar define un bus de transmisión de datos serie multipunto y se lo realiza mediante un par de hilos trenzados de cobre el cual para enviar los datos transmite una señal diferencial a largas distancias. Este estándar es un equipo que puede enviar y recibir, pero no ambas al mismo tiempo, también puede haber un equipo enviando información y varios equipos recibiendo la información (ARIAN S.A., 2006)

2.4.5.3 *SENTRON PAC 3100*. Instrumento de medición y visualización, que detecta valores energéticos, este medidor permite utilizar el protocolo Modbus RTU ya que tiene integrado la interfaz RS 485.



Figura 13 2 Medidor multifuncional SENTRON PAC 3100
Fuente: (SIEMENS, 2015)

2.4.5.4 *Ventajas del protocolo MODBUS*

Es un protocolo simple para administrar y expandir.

Cualquier sistema con una batería de protocolos TCP/IP puede usar Modbus/TCP.

Se puede usar para realizar la comunicación de una gran base de dispositivos MODBUS, usando productos de conversión. (OMRON Electronics SA, 2007)

2.4.6 Características de los diferentes buses

En la Tabla 7 2 se expone las características más importantes de diferentes buses utilizados. (HURTADO, 2013)

Tabla 7 2 Características de los diferentes buses

RED/BUS DE CAMPO	TOPOLOGÍA	MEDIO FÍSICO	DISTANCIA	ACCESO AL MEDIO	VELOCIDAD
PROFINET	Punto a punto Anillo Estrella Árbol	Cable Ethernet	100 m	Maestro/Esclavo	10-100-1000 Mbps
PROFIBUS	Bus lineal, Anillo Estrella Árbol	Par trenzado apantallado, fibra óptica	96 Km	Maestro/Esclavo	Hasta 12 Mbps
AS-i	Bus lineal, Árbol,-Estrella	Cable 2 Hilos	Hasta 100m	Maestro/Esclavo	167 Kbps
MODBUS	Bus lineal	Par trenzado	1KM	Maestro/Esclavo	Hasta 19.2Kbps

Realizado por: Espinoza Mercedes, Baño Jhonny. 2018

Fuente: (HURTADO, 2013)

2.5 PLC

El PLC S7-1200 posee una gran flexibilidad y potencia necesaria para controlar una amplia gama de dispositivos gracias a su configuración flexible y gran juego de instrucciones, por lo que es uno de los más utilizados en la industria. (CATEDU, 2013)

El autómata S7-1200 incorpora:

- Un microprocesador
- Una fuente de alimentación integrada
- Circuitos de entrada y salida
- Puerto PROFINET integrado
- E/S de control de movimiento de alta velocidad
- Entradas analógicas incorporadas

Todo esto forma un poderoso controlador. Existen disponibles módulos adicionales para la comunicación en redes PROFIBUS, AS-i, Modbus, etc. (CATEDU, 2013)

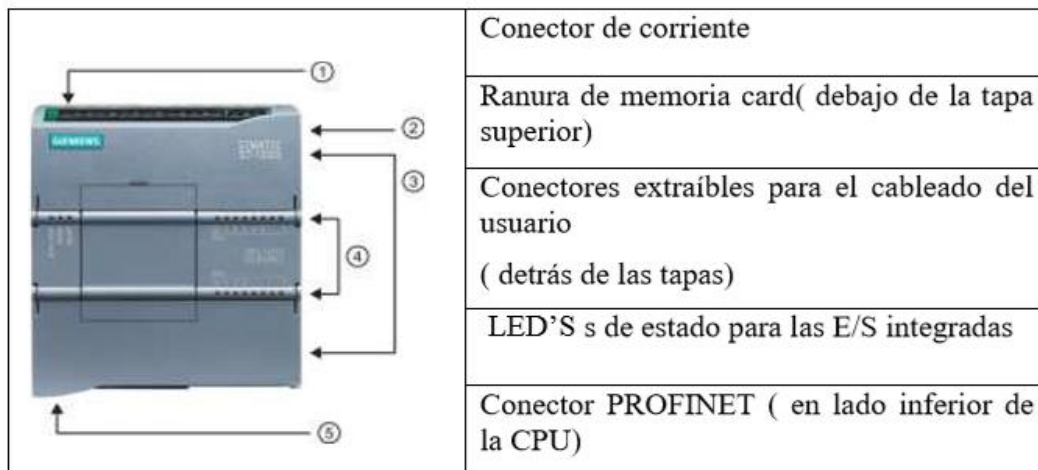


Figura 14 2 Nomenclatura del PLC S7-1200
Fuente: (SIEMENS, 2013)

2.6 Sistema Scada

Supervisory Control and Data Acquisition por sus siglas en ingles este sistema está diseñado para la automatización del monitoreo y control de procesos industriales, este sistema ha eliminado la necesidad de ajustar los componentes y vigilarlos físicamente, comunicando los dispositivos electrónicos de campo controlando de una manera automática desde una computadora principal o un master. (SALAZAR SERNA, y Otros, 2011)

2.7 Sistema HMI

Interfaz Hombre Maquina o HMI se puede describir como la “ventana” de un proceso industrial, ya que este sistema se presenta en dispositivos como paneles de operador o en un ordenador. (RÍOS, 2005)

Las señales de los procesos son enviados al HMI mediante dispositivos de e/s, PLCs, RTU o DRIVE's. (RÍOS, 2005)

2.8 TIA Portal.

Es un software que nos permite la programación de manera sencilla de los dispositivos que sean de la marca SIEMENS como por ejemplo: PLCs, y Pantallas HMI. Este software

permite programar en dos lenguajes el KOP (contactos) y FUP (bloques) (CASTRO SILVA, y otros, 2017)

2.8.1 Lenguaje de programación KOP. Este lenguaje de programación se trata de diagramas de contactos (Kontakplan), ya que basa su forma de representación en contactos eléctricos. (SIEMENS, 2015)

2.8.2 Lenguaje de programación FUP. “Basa su programación en bloques lógicos del estilo “OR”, “AND”, etc. Proviene de la palabra germana Funktionsplan” (SIEMENS, 2015)

SIMATIC STEP 7 se ofrece en dos versiones:

STEP 7 Basic: para programación de controladores SIMATIC S7-1200 y pantallas táctiles HMI.

STEP7 Professional: Para la programación de controladores SIMATIC S7-1200, S7-300, S7-400, S7-1500 y WinAC. (SIEMENS, 2015)

2.9 LabVIEW.

Es un software utilizado para la adquisición y control de datos. Además ofrece una facilidad de programación con relación a otros sistemas, ya que otros utilizan su programación en líneas de texto mientras que LabVIEW utiliza el lenguaje de programación G (Grafica).

“LabVIEW para la programación presenta dos pantallas; la pantalla de Frontal y la pantalla de Diagrama bloques”. (ALBÁN GUERRERO, y otros, 2017)

- Pantalla frontal: Donde se realiza todas las maniobras de control y visualización
- Pantalla de diagrama de bloques: Esta pantalla se visualiza cuando se está realizando la programación.

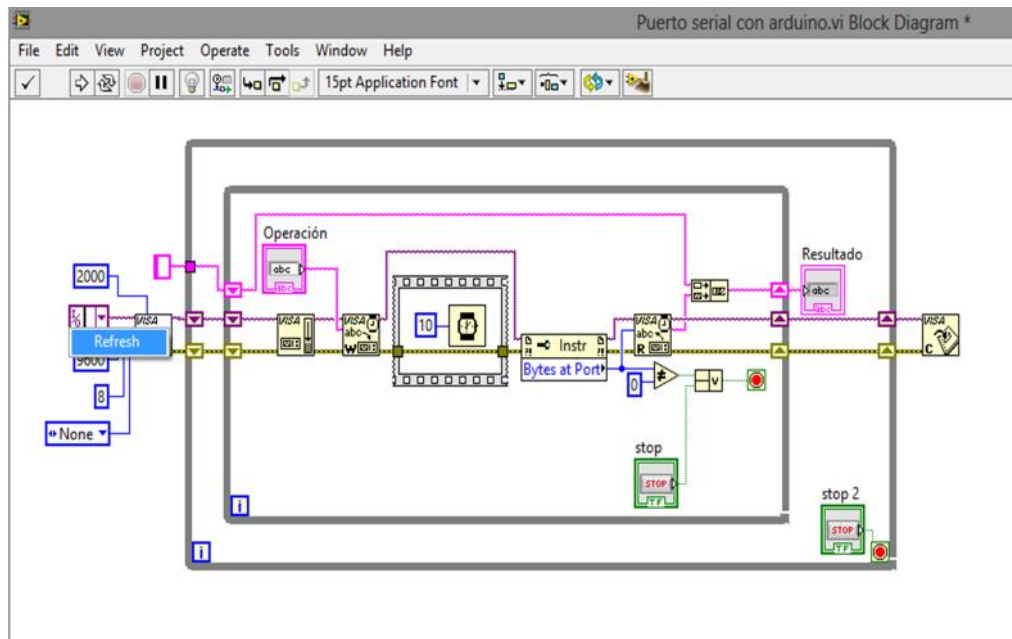


Figura 15 2 Pantalla de diagramas de bloques
Fuente: (NATIONAL INSTRUMENTS, 2014)

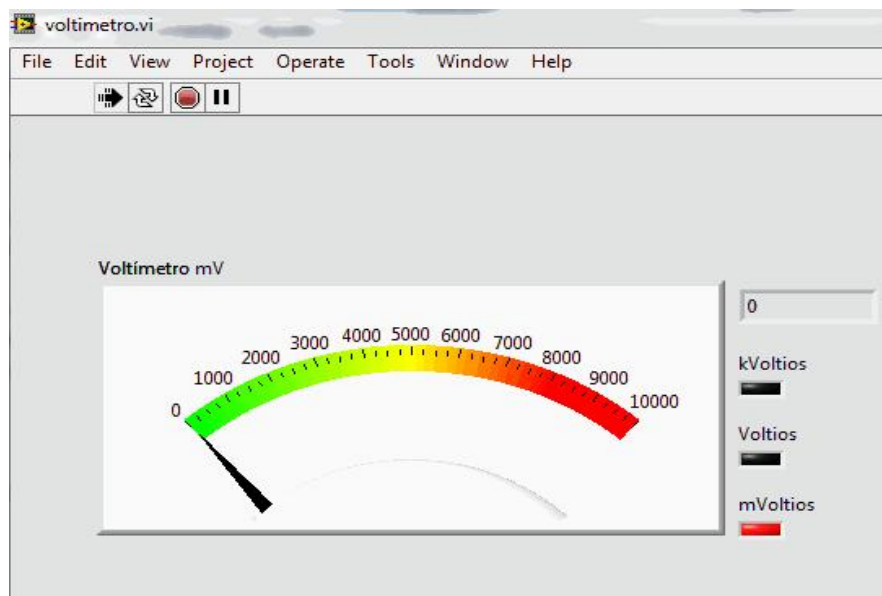


Figura 16 2 Pantalla de diagramas de bloques
Fuente: (NATIONAL INSTRUMENTS, 2014)

“NI ofrece tres mecanismos principales para la transferencia de datos en tiempo real:

- (1) Un servidor OPC de alto nivel,
- (2) Un servidor de E/S Modbus y

(3) Un API de Modbus introducido en NI LabVIEW 2014 a través de los módulos LabVIEW Real-Time o LabVIEW Datalogging and Supervisory Control (DSC)". (NATIONAL INSTRUMENTS, 2014)

2.9.1 NI-OPC. "OLE for Process Control u OPC por sus siglas en ingles es un módulo que permite la transferencia de datos en tiempo real desde los equipos de control hacia los HMI y viceversa. Los OPC se encuentran disponibles para todo tipo de controladores lógicos programables". (ALBÁN GUERRERO, y otros, 2017)

"Para aplicaciones complicadas que involucran varios dispositivos esclavos que se comunican a través de diferentes protocolos, las E/S Modbus estándares podrían no ser suficientes. Una solución común es usar un servidor OPC, el cual actúa como un compilador de datos para todos sus sistemas y después usar los servidores de E/S OPC incluidos en el Módulo LabVIEW DSC para comunicarse con ese servidor OPC." (NATIONAL INSTRUMENTS, 2014)

CAPITULO III

3 DISEÑO E INTEGRACIÓN DE REDES INDUSTRIALES

3.1. Integración de redes con STEP 7 TIA PORTAL V13

3.1.1 Creación del proyecto. Para la configuración de la integración de redes se utilizó el programa TIA PORTAL V13, donde se agregarán los distintos módulos de comunicación que permitirán la transferencia de datos entre los distintos dispositivos utilizados.

Paso 1.- Abrir y crear un nuevo proyecto en el software de programación STEP 7 TIA PORTAL y asignar un nombre al proyecto, en este caso se llamara “INTEGRACION_DE_REDES_INDUSTRIALES”.

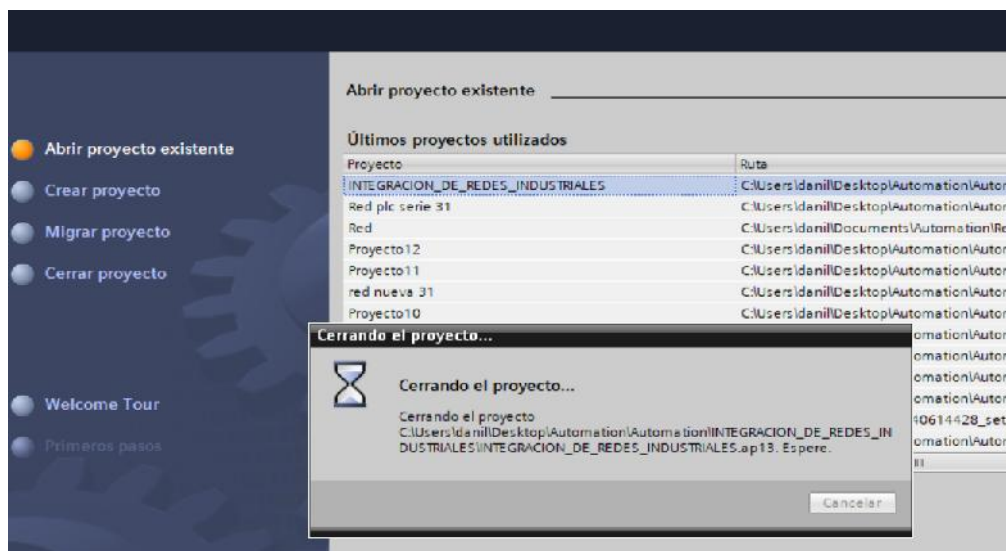


Figura 1 3. Creacion del proyecto
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

Paso 2.- Se agrega todos los dispositivos que se necesitarán para lograr la integración de redes, en este proyecto se utiliza dos PLCs, el uno servirá como Maestro, mientras otro PLC servirá como esclavo y las respectivas Pantallas HMI.

La Figura 2-3 muestra una lista detallada de todos los PLCs existentes en el software, donde se debe escoger el que se va a utilizar en el proyecto.

Se escoge el PLC CPU 1214 que será el maestro y CPU 1212 para el esclavo.

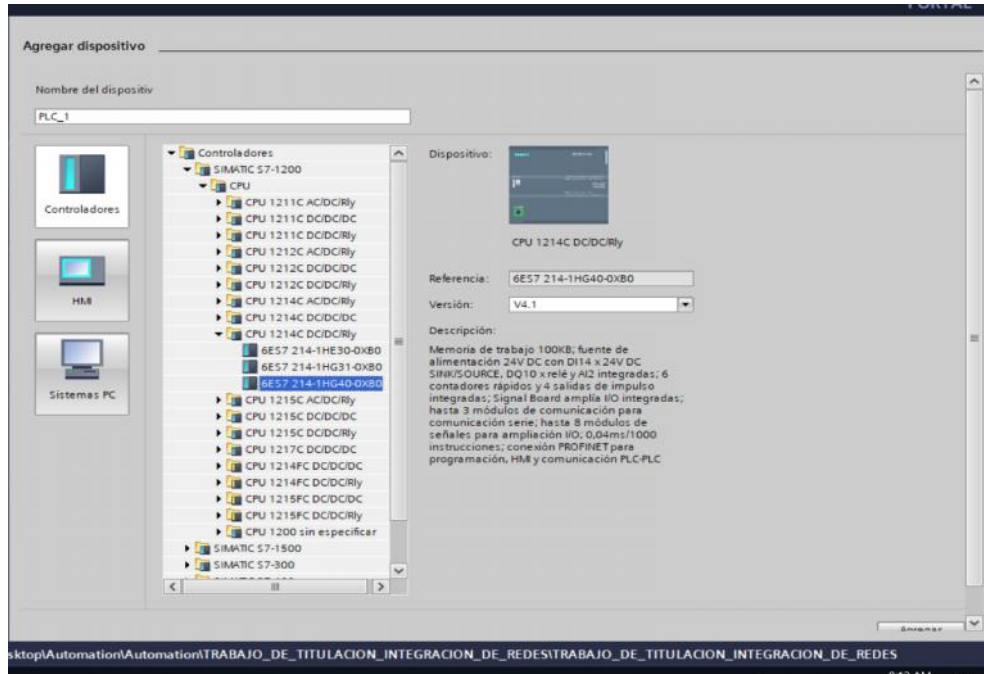


Figura 2 3 Selección de PLCs

Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

La Figura 3-3 muestra una lista de todas las opciones de HMI, y se escoge las que se utilizaran en el proyecto. En este proyecto se utilizará 3 HMI las cuales son de 6”.

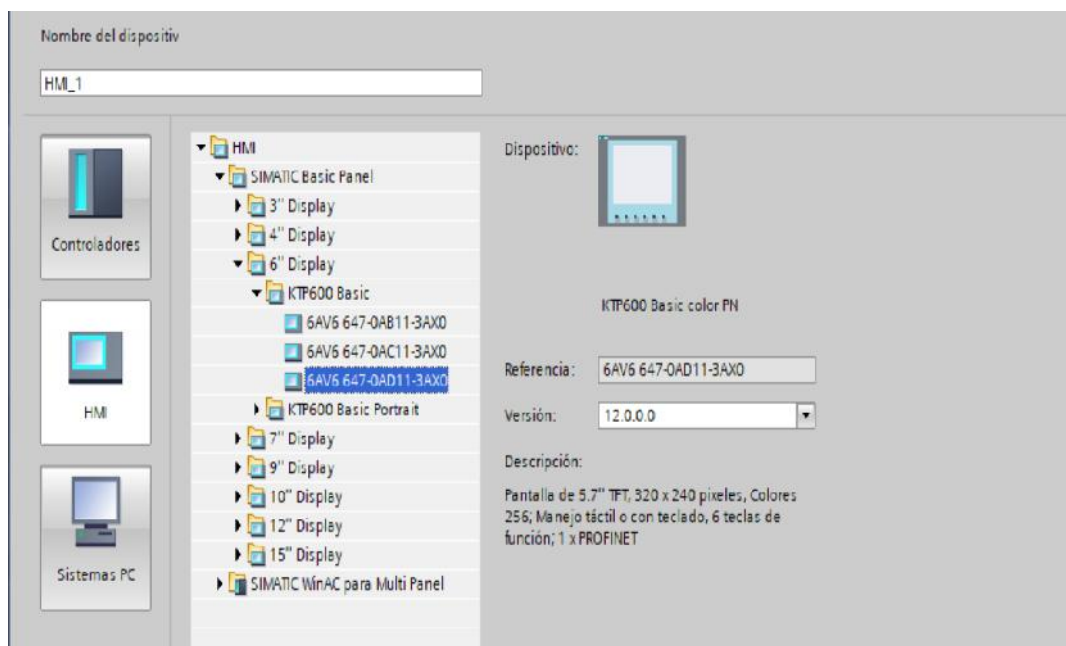


Figura 3 1 Selección de HMI

Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

Paso 3.- Se abre la lista de dispositivos y redes donde se agregarán los módulos que conformarán la integración de redes, se debe tener en cuenta la versión del firmware de los PLCs y las HMI, esto evitará inconvenientes al momento de cargar el programa a los PLCs

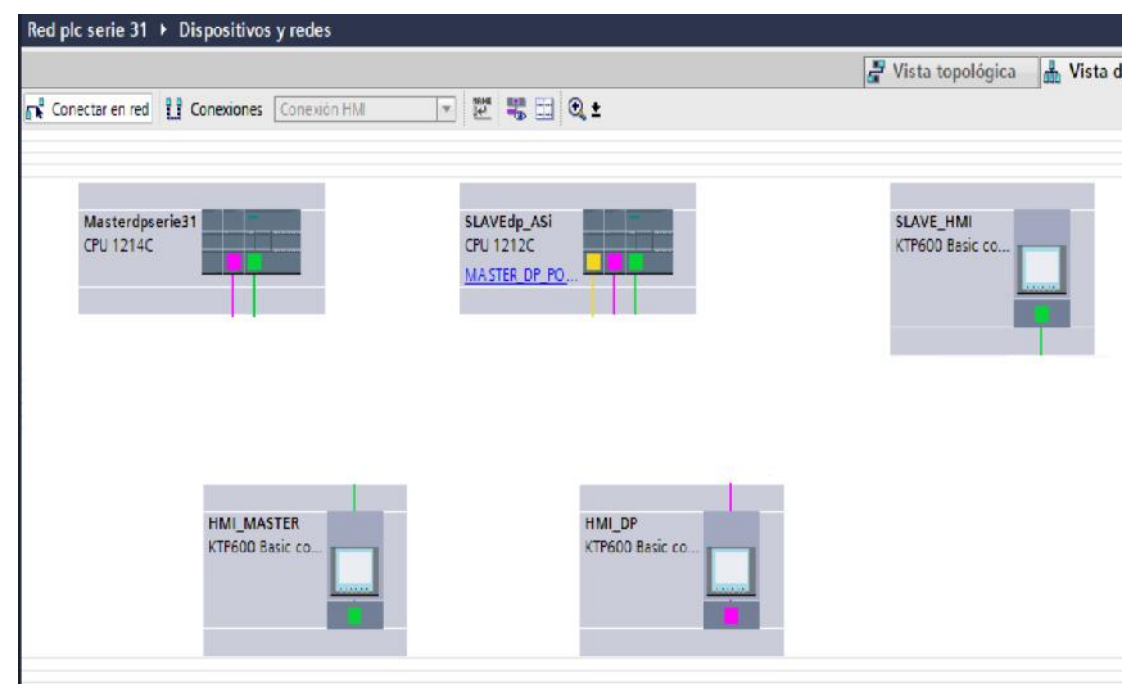


Figura 4 3 Dispositivos agregados
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

Nota: Cada vez que se agregue un PLC se deberá adjuntar los respectivos módulos de comunicación necesarios.

La Tabla 1 3 describe los módulos de comunicación agregados para que nos ayudaran en la integración de los distintos protocolos de comunicación.

Tabla 1 3 Descripción de los módulos agregados			
Dispositivos	Módulos de comunicación	Nombre asignado	Ubicación
CPU 1214 Maestro AC/DC/RLY	CM 1243-5	MASTER DP PORT (Master Profibus)	Maestro
	CM 1241 RS422/485	MODBUS 485	

Tabla 1 3 Descripción de los módulos agregados

CPU 1212 Esclavo AC/DC/RLY	CM 1242-5	CM 1242-5 (Esclavo Profibus)	Esclavo 1
	CM 1243-2	CM 1243-2 (Maestro AS-i)	
KTP 600 Basic Color DP			Esclavo 2
KTP 600 Basic Color			Maestro
KTP 600 Basic Color			Esclavo 1

Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

La Figura 5-3 muestra los módulos de comunicación agregados al PLC Maestro, los cuales son el módulo del protocolo de comunicación Modbus RS 485 y el módulo de comunicación maestro de la red Profibus.

MODBUS 485
MASTER_DP_PORT
MASTER

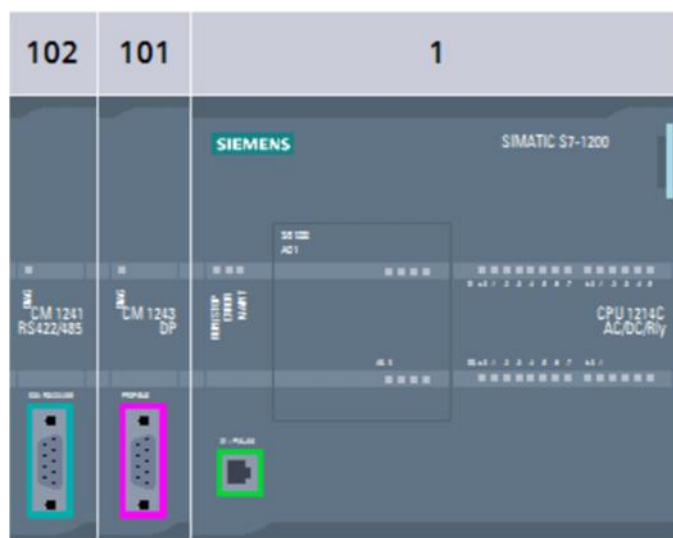


Figura 5 3 Módulos agregados al PLC MASTER

Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

La Figura 6-3 muestra los módulos agregados al PLC Esclavo, los cuales son el módulo de comunicación maestro de la red As-i y el módulo de comunicación esclavo de la red Profibus.

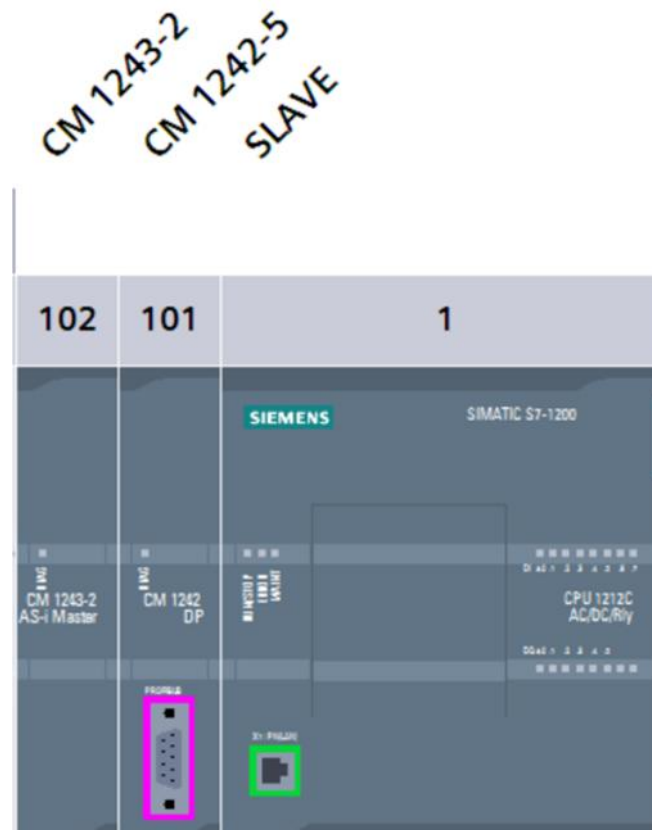


Figura 6 3 Módulos agregados al PLC SLAVE
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

3.1.2 Asignación de direcciones e integración de redes. Una vez agregados los dispositivos y módulos de comunicación se debe asignar sus respectivas direcciones a las redes Profibus, AS-i y Ethernet/Profinet, las cuales son las que se utilizarán para la integración.

Se creó la red principal con la arquitectura maestro/esclavo. El PLC MASTER se conecta a los esclavos PLC SLAVE y HMI DP mediante la red Profibus, por otro lado se encuentra conectado mediante Ethernet/Profinet a la HMI MASTER. En este PLC se encuentra el módulo CM 1243-5 el cual nos permite la comunicación del Maestro Profibus S7 1200 DP, también encontramos el módulo RS 422/485 que nos permitirá la comunicación por medio del protocolo Modbus RTU entre el Sentron Pac y el PLC MASTER.

El PLC SLAVE se encuentra conectado mediante la red Profibus al PLC MASTER y por Ethernet/Profinet a la HMI SLAVE, en este PLC se encuentra agregado el módulo CM 1243-2 que es el Maestro AS-i y el módulo CM 1242-5 que es el esclavo Profibus.

HMI DP es el esclavo número 2 que se conecta por Profibus al PLC MASTER.

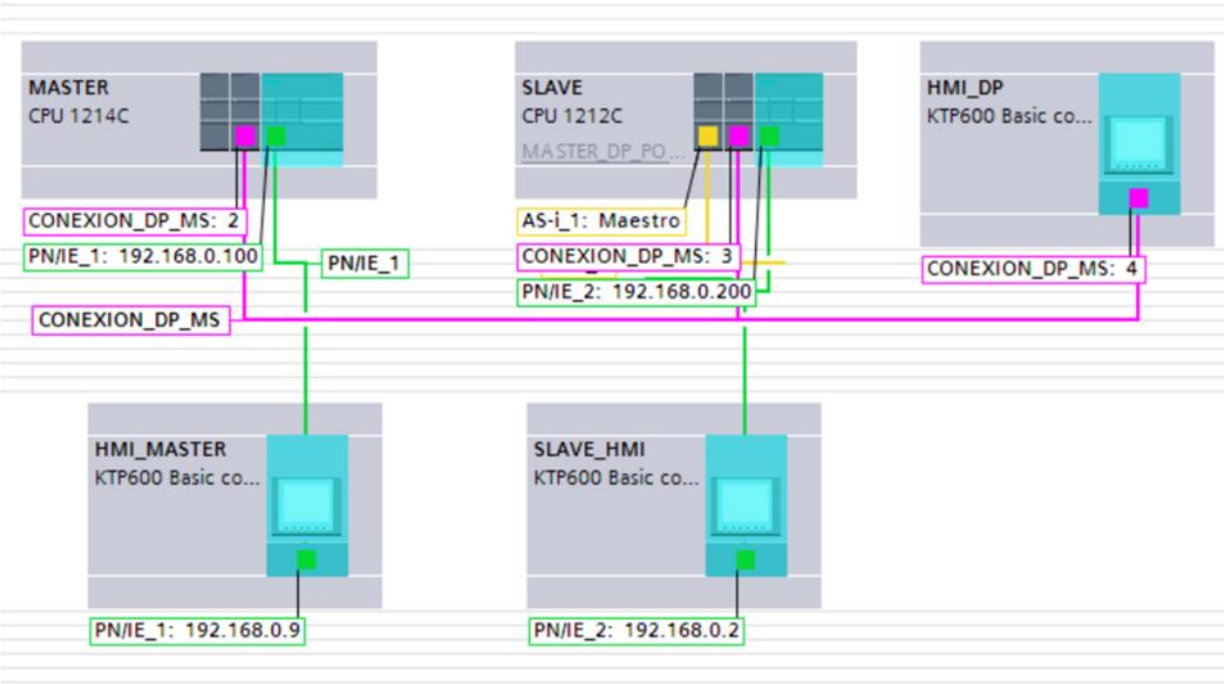


Figura 7 3 Integración y direcciones de las redes
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

Tabla 2 3 Identificación de redes mediante sus colores

Red	Color	Estándar/Norma
PROFIBUS	Morado	DIN 19245 / Norma europea EN 50170
AS-i	Amarillo	Estándar internacional IEC62026-2 / Norma Europea EN 50295
ETHERNET/PROFINET	Verde	Estándar IEEE 802.3 / Especificación IEC 61158

Fuente: (HURTADO, 2013)

3.1.3 Compilar y cargar. Primero se generó el área de transferencia debido a que si no se realiza este paso puede ocasionar algunos inconvenientes al momento de compilar y cargar, entonces es necesario ubicarse en el PLC SLAVE, se identifica el módulo CM

1242-5, se abre la pestaña de propiedades donde se despliega un listado de opciones, seguidamente se ubicó en General, luego se dirige a la Interfaz DP donde se identifica la opción de modo de operación y se configura el área de transferencia.

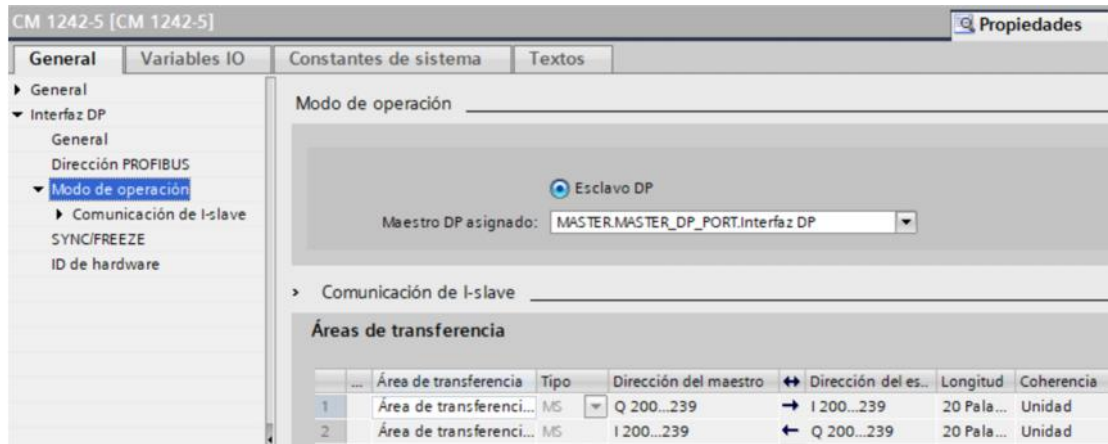


Figura 8 3 Área de transferencia
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

Seguidamente se compila y se carga el programa, notando que no existe ningún error.

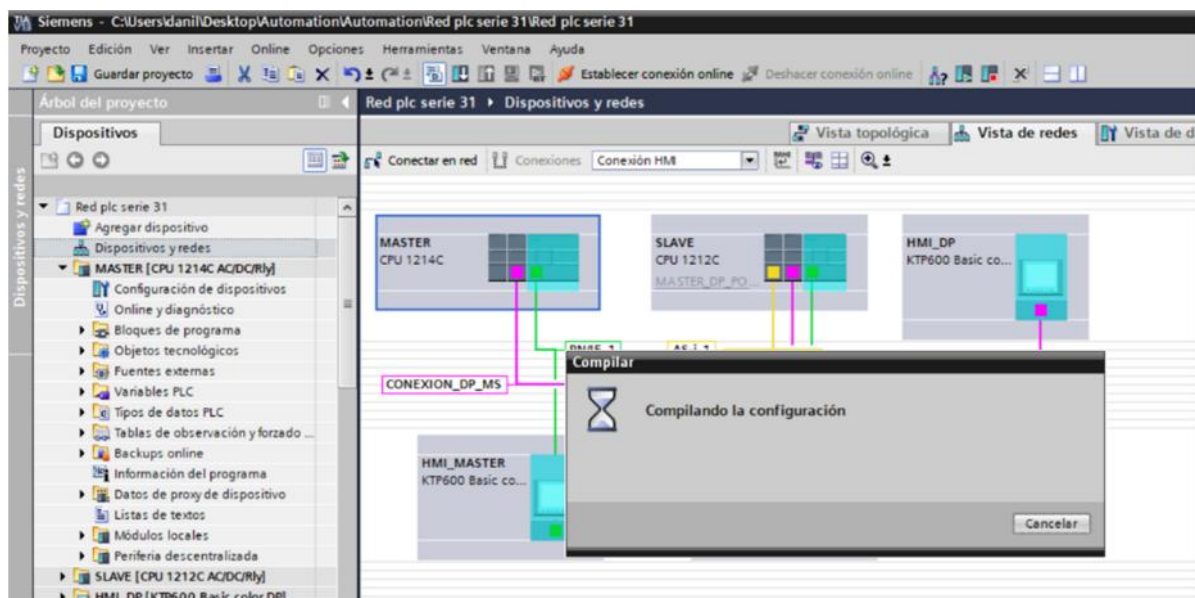


Figura 9 3 Compilación de dispositivos
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

Se evidenció que no hubo ningún error en la compilación de dispositivos por lo que el siguiente paso es la carga avanzada de todos los dispositivos en caso de los PLCs se lo realiza desde la vista de dispositivos y redes, mientras que la carga avanzada de las HMI se las realiza desde la imagen raíz.

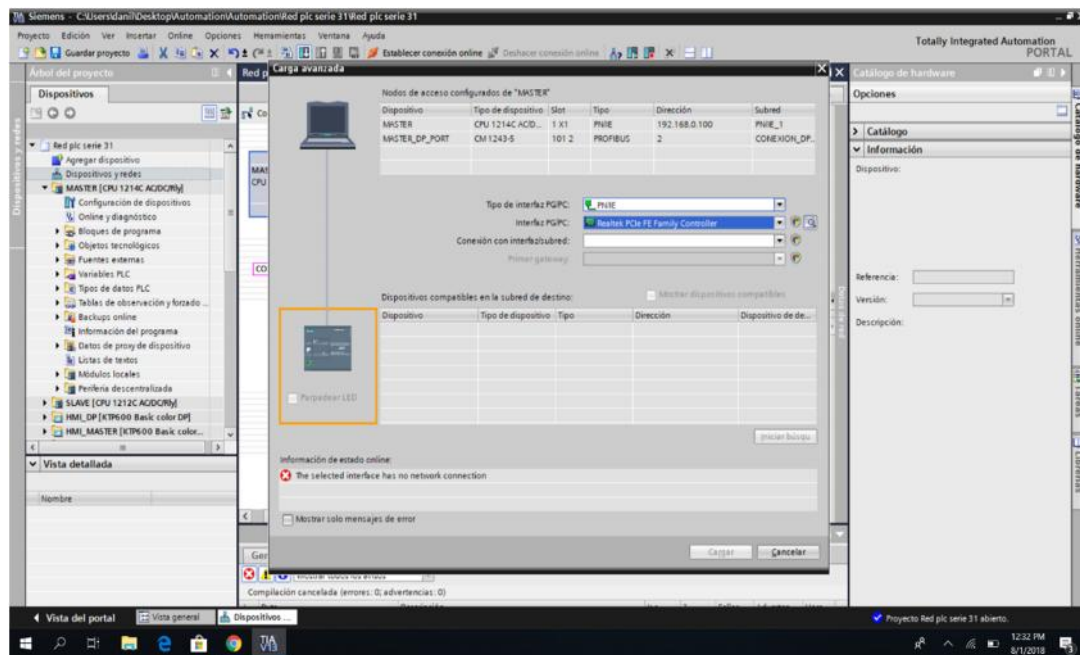


Figura 10 3 Carga avanzada de los PLCs

Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

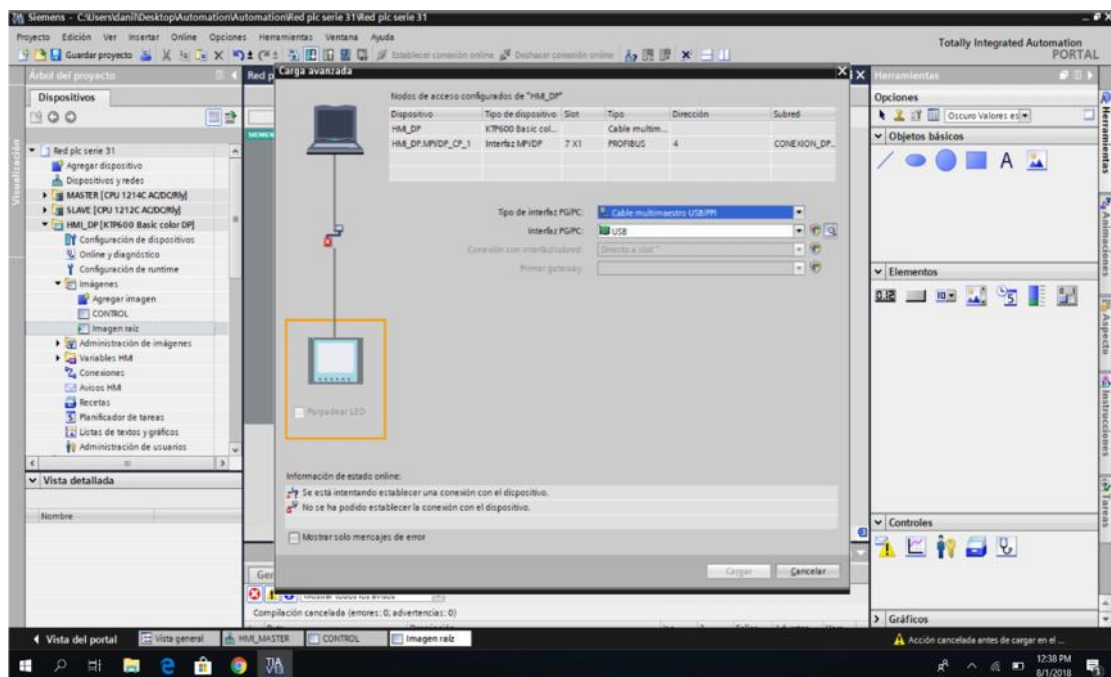


Figura 11 3 Carga avanzada de HMI

Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

3.2 Programación y transferencia de datos entre MASTER Y SLAVE

Toda la configuración en el PLC MASTER Y el PLC SLAVE se lo realizó bajo el lenguaje de programación KOP y mediante bloques de programación OB.

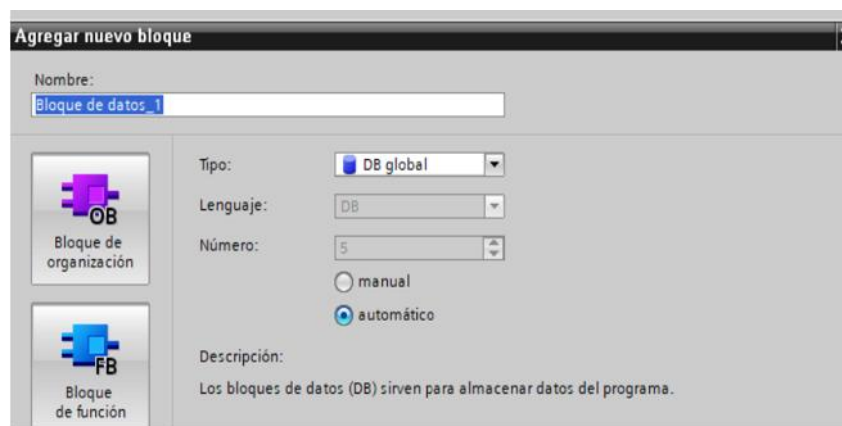


Figura 14 3 Bloque y lenguaje de programación
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

La normalización y determinación de la escala a utilizar en el variador se lo hizo utilizando el bloque NORM X, como su nombre lo indica nos ayuda a normalizar el valor de la variable, que se sitúa en la entrada VALUE, teniendo en cuenta que los parámetros MIN Y MAX, que son los límites que se establece para la normalización, después de esto en la salida OUT sale como resultado un valor real.

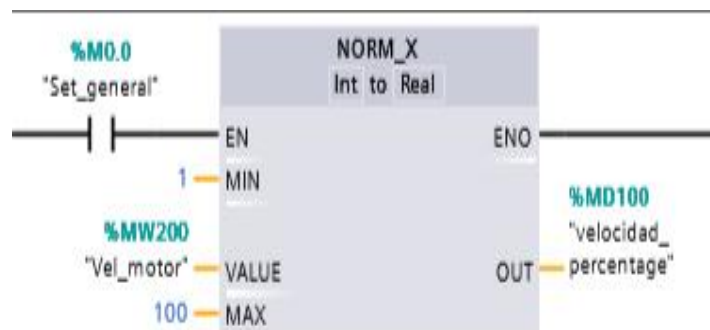


Figura 15 3 Bloque NORM_X
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

También se utilizó el bloque llamado SCALE X que nos ayuda a determinar la escala de la entrada VALUE esquematizándolo en un rango de valores, este rango se define con los parámetros MIN Y MAX y como resultado en la salida OUT nos da un número entero.

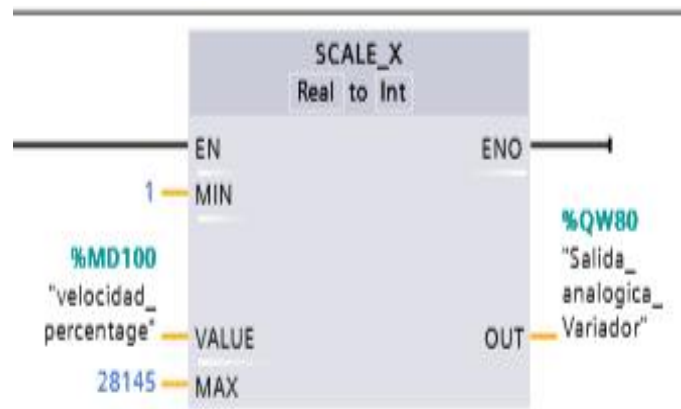


Figura 16 3 Bloque SCALE_X
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

3.2.1.4 Transferencia de datos. Para la transferencia de datos mediante los módulos CM1243-5 el cual nos permite la comunicación del Maestro Profibus S7-1200 DP Y CM1242-5 el cual es el Esclavo Profibus, los cuales nos permiten la transferencia de datos entre maestro/esclavo. Se programó un segmento donde se recibe los datos enviados del proceso controlado por el esclavo

El cual consiste que un sensor óptico detecta una pieza de metal o color y enciende el motor que moverá la banda, el cual tiene asignado una salida M 2.2. Seguidamente la pieza pasa por el sensor inductivo y el sensor de marca, al ser una pieza de metal el sensor inductivo la detecta y activa un cilindro con una salida M 2.1, por otro lado, si la pieza es de color el sensor de marca la detecta y activa un cilindro con una salida M 2.0

También se utilizó un bloque ADD, el cual realiza mediante una operación matemática la suma de las piezas de metal y color que pasen por el proceso.

Nota: El sensor inductivo y el sensor óptico están controlados por la red AS-i

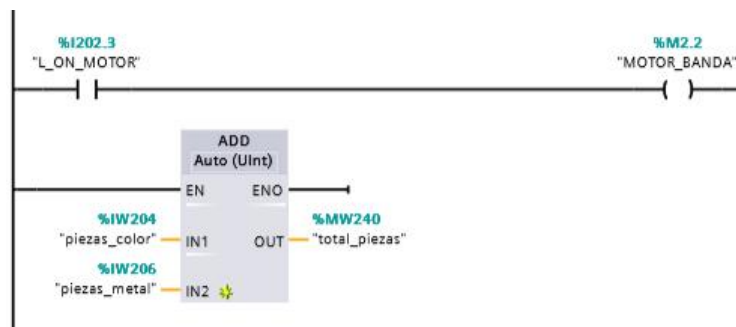


Figura 17 3 Recibir datos del esclavo
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

3.2.1.5 Programación de comunicación MODBUS RTU - RS 485. Para la transferencia de datos por el protocolo de Modbus RTU mediante el módulo de comunicación RS 485, primero se establece las marcas del sistema y ciclo del PLC MASTER que serán utilizadas en la programación.

Figura 18 3 Marcas de sistema y ciclo
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

Para establecer la comunicación MODBUS RTU-485 es necesario conocer los ajustes predeterminados de la comunicación Modbus, se utiliza además los bloques MB_CONMM_LOAD y el bloque MB_MASTER y para la transferencia de datos se utilizó el bloque MOVE.

Tabla 3 1 Ajustes predeterminados de la comunicación Modbus RTU

Ajuste	Valor predeterminados
Dirección	126
Velocidad de transferencia	19200
Formato de datos	8N2
Tiempo de respuesta	Automático

Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

Para la programación se utilizó el bloque MB_CONMM_LOAD el cual nos ayuda a seleccionar el módulo de comunicación en este caso “MODBUS_485” y ajustar los parámetros de comunicación.

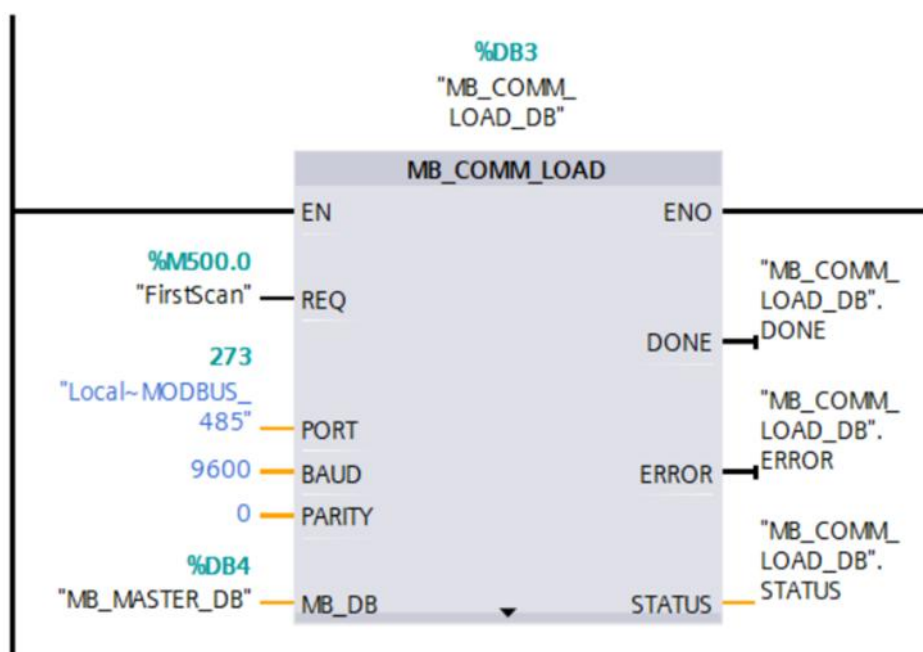


Figura 19 3 Bloque MB_LOAD

Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

También se utilizó un bloque denominado MB_MASTER que se utiliza con la intención de definir el módulo de comunicación seleccionado en el bloque de programación MB_CONMM_LOAD como maestro Modbus.

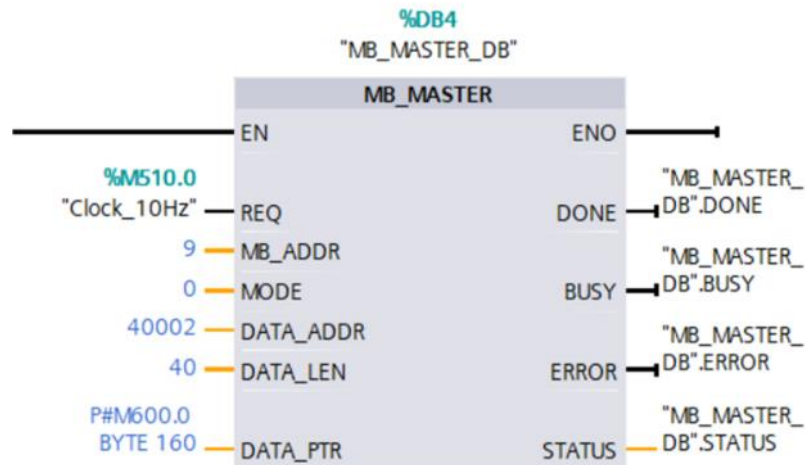


Figura 20 3 Comunicación RS 485
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

Para la transferencia de datos en una red maestro/esclavo Profibus, existen varios comandos que se puede utilizar, siendo las más conocidas: DPWR_DAT, WR_REC, DPR_DAT, MOVE, etc. En este caso se eligió el bloque MOVE para la transferencia de datos analizados por el SENTRON PAC 3100.



Figura 21 33 Comunicación RS-485
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

Los cuales cada bloque MOVE ocupa 4 bytes, por la estructura de mensajes del protocolo Modbus, el cual está compuesto por: Dirección del esclavo Modbus, Código de función, Datos del telegrama y Suma de comprobación del telegrama (CRC).

Tabla 4 3 Estructura de mensajes de Modbus

Dirección	Código de función	Datos	CRC
Byte	Byte	n bytes	2 Bytes

Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

3.2.2 Programación en el PLC SLAVE

3.2.2.1 *Envío de datos al maestro.* Se designan las entradas y salidas que serán utilizados para la comunicación hacia el maestro, para lo cual se asignó el área de transferencia que es desde la I200 como entradas y desde la Q200 como salidas.



Figura 22 3 Envío de datos al maestro
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

3.2.2.2 *Configuración de la red AS-i.* Esta red permite conectar en el último nivel de la pirámide de la automatización que son los actuadores y sensores, por lo que en esta red se agregó el sensor de marca, el sensor inductivo y el pulsador de paro AS-i, los cuales se encuentran en el proceso de selección de piezas controlado por el PLC SLAVE.

Este proceso mediante un sensor óptico detecta si existe una pieza en el proceso y activa el motor que moverá la banda para el traslado de las piezas, una vez iniciado el proceso, la pieza pasa por los sensores inductivo y de marca, si es una pieza de metal este detecta y activa el cilindro correspondiente, pero si la pieza es de color el sensor de marca detecta y activa el cilindro correspondiente, para ser ubicada las piezas en la rampa que corresponda.

El maestro AS-i activa e identifica los esclavos AS-i existentes para el intercambio cíclico de datos (SIEMENS AG, 2009)



Figura 23 4 Módulo de comunicación 1243-2 Maestro As-i
Fuente: (SIEMENS AG, 2009)

“La red AS-i utiliza una fuente de alimentación denominada “AS-i POWER”, que tiene como características un detector de sobrecarga integrado, AS-i power 3ª 120v/230vac. AS-interface, in 120/v/230v AC, out AS-i, 3ª (30v dc)”. (SIEMENS AG, 2009)



Figura 24 3 Fuente de poder As-interface
Fuente: (SIEMENS AG, 2009)

Las interfaces ASI 6XV1822-5BE30 permiten la conexión de actuadores y sensores, estos se ubican lo mas cerca posible de los sensores y actuadores, se conectan mediante conectores de tipo M12. (SIEMENS AG, 2009)



Figura 25 3 Conector M12 para esclavos AS-i
Fuente: (SIEMENS AG, 2009)

“Los esclavos AS-i tienen implementado la electrónica de AS-i interface y esto facilita la conexión de sensores y actuadores en el armario eléctrico y a nivel de campo, estos intercambian datos de forma cíclica con el maestro AS-i.” (SIEMENS AG, 2009)



Figura 26 3 Esclavo ASI 3RK2400-1HQ00-0AA3
Fuente: (SIEMENS AG, 2009)

“Los esclavos AS-i ya vienen con una configuración predeterminada, así tenemos al módulo 3RK2400-1HQ00-0AA3 con la dirección número 9 y el pulsador de paro de emergencia con la dirección número 7.” (SIEMENS, 2015)



Figura 27 3 Ejemplo de direccionamiento del esclavo
Fuente: (SIEMENS, 2015)

La Figura 28 3 detalla la forma de programación de los sensores, donde se utilizó un temporizador de pulso TP, para determinar el tiempo que permanezca activo el cilindro correspondiente a cada sensor y el tiempo del motor de la banda transportadora.

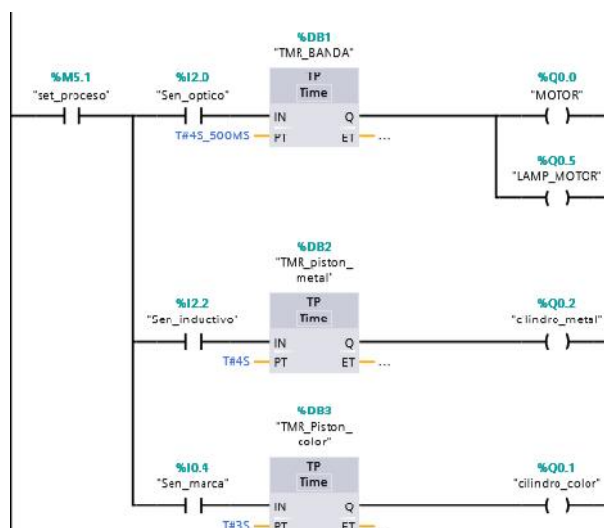


Figura 283. Programación de sensores en la red AS-i
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

La Figura 29 3 describe la forma de programación donde se utilizó contadores para que cada vez que se active un cilindro vaya contabilizando y así saber cuántas veces se activó cada cilindro.

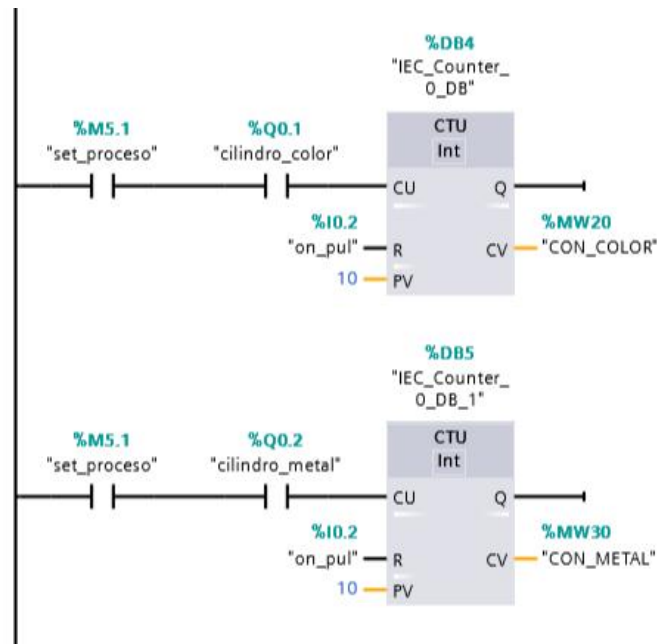


Figura 29-3. Contadores programados en la red AS-i
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

La Figura 30-3 detalla la programación de la red As-i, donde se realiza segmentos en lenguaje KOP.

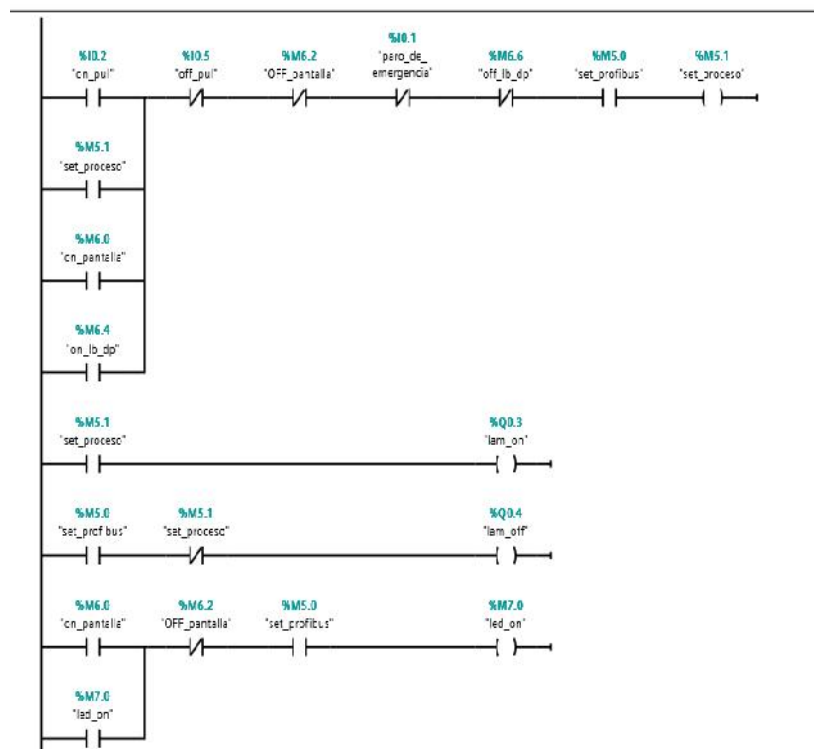


Figura 30 3 Programación AS-i
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

La figura 31-3 detalla las direcciones asignadas en la programación de la red Asi-i.

Símbolo	Dirección	Tipo
"ASi stop todo"	%I7.0	Bool
"ASi_s1"	%Q202.6	Bool
"ASi_s2"	%Q202.7	Bool
"cilindro_color"	%Q0.1	Bool
"cilindro_metal"	%Q0.2	Bool
"COLOR"	%Q202.1	Bool
"CON_COLOR"	%MW20	Int
"CON_METAL"	%MW30	Int
"FUN_MOTOR"	%Q202.3	Bool
"lam_off"	%Q0.4	Bool
"lam_on"	%Q0.3	Bool
"METALES"	%Q202.2	Bool
"MOTOR"	%Q0.0	Bool
"num_color"	%QW204	Int
"num_metal"	%QW206	Int
"off_pr"	%Q202.5	Bool
"on_pr"	%Q202.4	Bool
"Sen_inductivo"	%I2.2	Bool
"Sen_optico"	%I2.0	Bool
"set_profibus"	%M5.0	Bool
"stop_dp_total"	%Q202.0	Bool

Figura 31 3 Direcciones de la programación AS-i
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

3.2.2.3 Transferencia de datos al maestro por Profibus. Para la transferencia de datos de la red Profibus DP con la arquitectura Maestro/Esclavo existen varios comandos que se pueden utilizar, siendo estos los más conocidos: DPR_DAT, DPWR_DAT, DPNRM_DG, RD_REC, WR_REC, D_ACT_DP, MOVE. Se eligió la opción MOVE.

3.3 Programación de HMI

3.3.1 Programación HMI KTP600 MASTER. La HMI KTP600 Basic denominada HMI MASTER está conectada al PLC MASTER por medio de la red Ethernet/Profinet, donde se configuro el control del motor a través del variador de frecuencia, su porcentaje de velocidad y la inversión de giro y la visualización de los datos del analizados por el Sentron PAC 3100.

Paso 1 Se configura la imagen raíz donde se presenta un menú donde se podrá escoger el proceso que se desea controlar o visualizar y también se configuró un botón para poder regresar al menú principal.



Figura 32 3 Selección de procesos
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

Se configura los botones de tal manera que al pulsar cualquiera de ellos nos dirijan al proceso seleccionado.

Se configura la pantalla del proceso MOTOR, así tenemos 4 botones dos de ellos que son para el encendido y apagado del motor. Los otros dos se botones se configuro de tal forma que al pulsarlos realicen la inversión de giro, acotando que primero debe darse el giro a la derecha, de tal forma que si se desea iniciar con un giro a la izquierda es imposible si no se ha dado el giro inicial al sentido de las manecillas del reloj. Cada botón tiene un led que denota su activación o paro.



Figura 33 3 Proceso Motor en HMI
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

También se tiene dos contadores para visualizar cuantas veces se ha girado a la derecha y cuantas a la izquierda

Se tiene una entrada de datos, donde se puede controlar la velocidad, este se configuro en porcentaje y toma valores del 0 al 99.

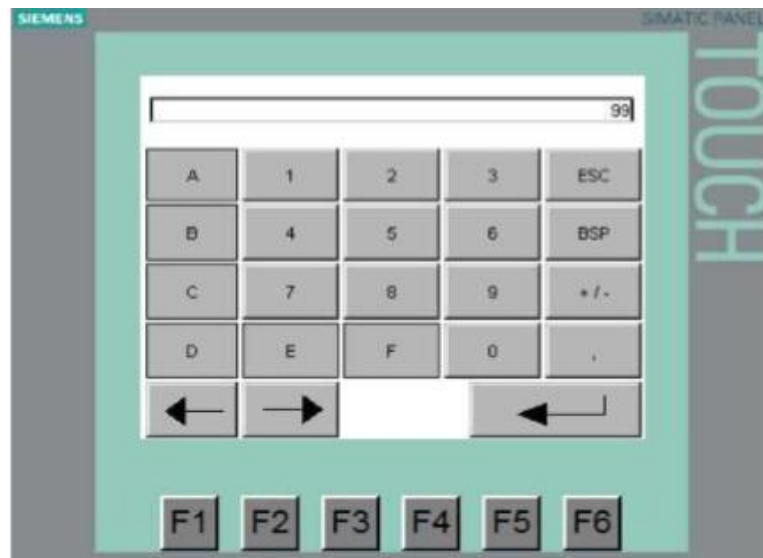


Figura 34 3 Ingreso de valores de la velocidad del motor 3F
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

Después configuramos la pantalla del proceso de visualización de los datos analizados por el SENTRON PAC 3100. Se configuro la pantalla con 7 datos de salida que vienen desde el SENTRON PAC y son: Voltaje de línea entre línea 1-2, 2-3 y 3-1, Intensidad de cada línea 1, 2 y 3 y la Frecuencia.

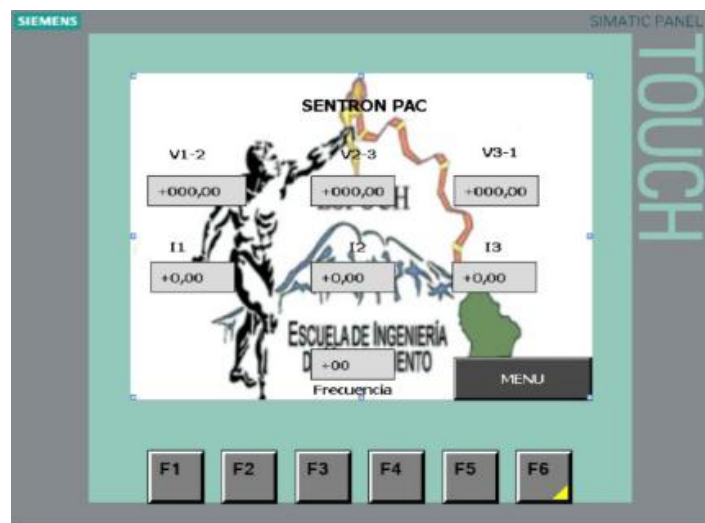


Figura 35 3 Visualización SENTRON PAC 3100
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

3.3.2 Programación HMI KTP600 SLAVE. La pantalla SLAVE está conectada por medio de la red Ethernet/Profinet al PLC SLAVE. En esta pantalla se configuro la imagen donde se expone tema del trabajo de titulación y además un botón donde al pulsarlo nos lleva a la siguiente imagen donde se encuentra el proceso a controlar.



Figura 36 35 Imagen raíz
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

En la configuración de la pantalla tenemos dos botones que sirven para el encendido y apagado del proceso, los dos con sus respectivos leds que indican su activación y dos contadores los cuales mostraran cuantas de piezas de metal y cuantas piezas de color han pasado por el proceso.



Figura 37 3 Proceso esclavo
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

3.2.3 Programación de HMI DP. La pantalla Dp se conecta al maestro mediante la red Profibus y viene hacer el esclavo 2, en esta se configuro el inicio de todos los procesos. Para su configuración se utilizó cable MPI



Figura 38 36 Cable MPI
Fuente: (SIEMENS, 2015)

Esta pantalla se programó directamente desde la PC mediante el cable HMI, en esta pantalla se ubicó 6 botones de encendido y apagado. Los dos primeros serán los botones para el inicio general toda la red, los segundos botones serán el encendido y apagado del proceso MOTOR y los dos últimos botones serán el encendido y apagado del proceso de selección de piezas.

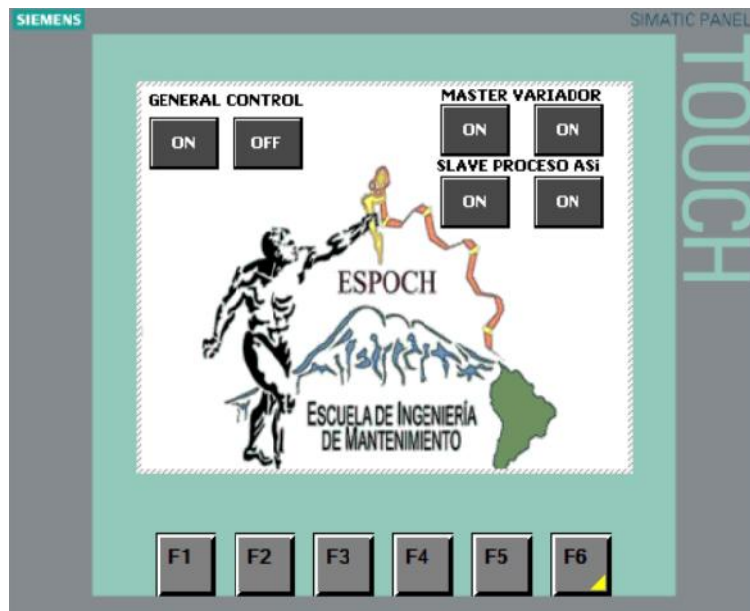


Figura 39 3 Inicio de procesos
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

3.4 Programación en LabVIEW

El lenguaje de programación gráfico de LabVIEW nos proporciona una mejor experiencia al momento del control de procesos, así, que lo que se consigue es una interfaz interactiva con el usuario muy fácil de entender donde se encuentren tener una monitorización y control de todos los procesos controlados por la integración de redes en una sola pantalla gráfica.

3.4.1 Comunicación de STEP7 y LabVIEW por OPC server. Primero se crea un nuevo VI en LabVIEW.

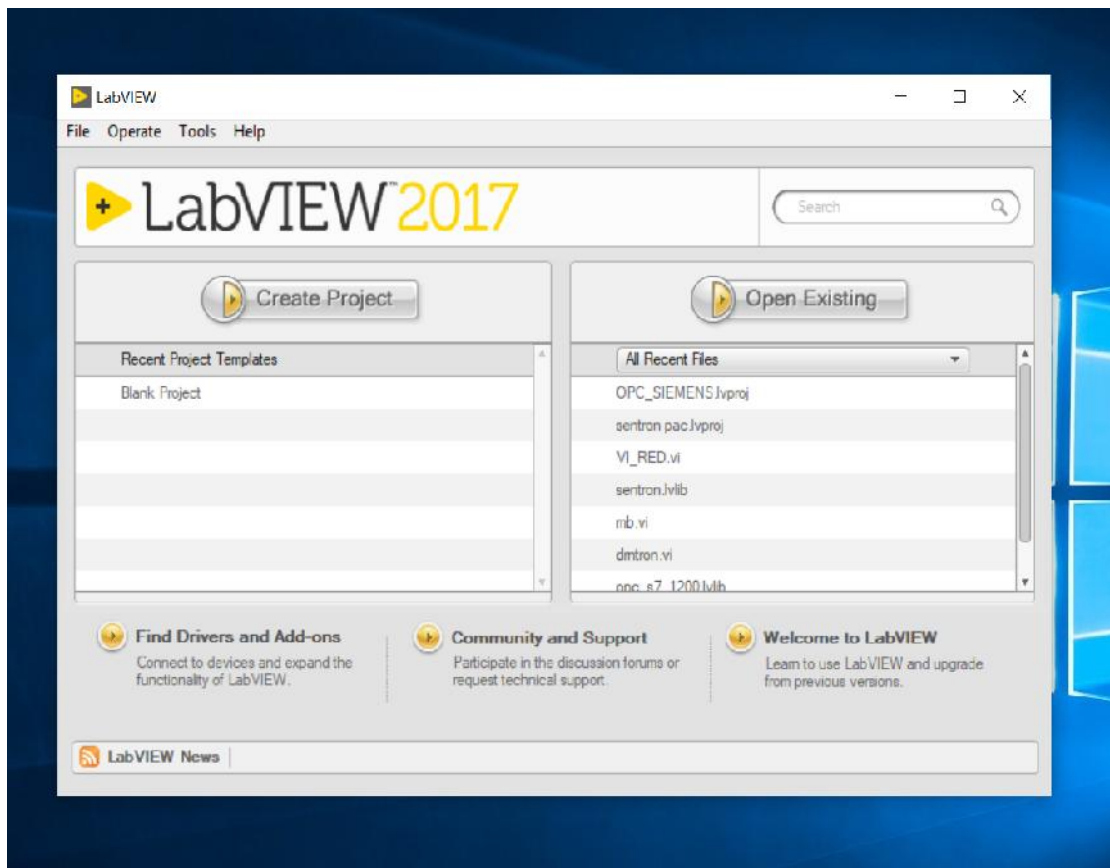
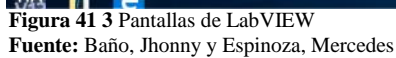


Figura 40 3 Inicio LabVIEW

Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

La Figura 41-3 muestra las dos pantallas que nos ofrece LabVIEW, la pantalla de bloques donde se ubicarán los bloques de control y la pantalla de frontal donde se ubicara los boléanos y numéricos que se necesitan para la correcta visualización de los procesos.



ON

ON MAIN

STOP

OFF MAIN

ONLINE

I00 I01 I02 I03 I04 I05 I06 I07

Q00 Q01 Q02 Q03 Q04 Q05 Q06 Q07

ON

ON

GIRO

GIRO 1

STOP

OFF

INVERSION

GIRO 2

VELOCIDAD %

40 50 60

30 20 10 0

70 80 90 100

GIRO 1

0

GIRO 2

0

SALIDA_ANALOGICA

0

TOTAL GIROS

0

Vab

0

Vbc

0

Vca

0

Aa

0

Ab

0

Ac

0

PT

0

PS

0

PA

0

FRECUENCIA

0

ON

ON SLAVE

STOP

OFF SLAVE

CONTEO_COLOR

0

CONTEO_METAL

0

TOTAL

0

STOP VI

Figura 42 3 Vista frontal VI
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

51

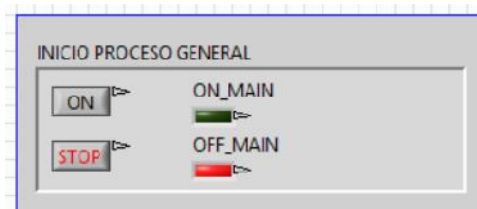


Figura 43 3 Vista Frontal VI-Inicio de proceso General
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

La figura 44-3 indica la interfaz del proceso del motor controlado por el variador, donde tenemos botones de ON y OFF, botones para la inversión de giro y una perilla para controlar la velocidad. Cabe recalcar que el primer giro es a la derecha, si no se da este no arrancará el motor.



Figura 44 3 Vista frontal VI del variador
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

La figura 45-3 muestra la interfaz con la cual se controlará el proceso de selección de piezas.



Figura 45 3 Vista frontal VI del proceso selección de piezas
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

3.4.2 Creación del NI OPC Server. Mediante un OPC se creará la conexión entre LabVIEW y el PLC que define la comunicación de datos en tiempo real entre las interfaces HMI hombre-máquina y los dispositivos de control, creando variables con las direcciones del PLC para usarlas en LabVIEW.

Se añade un nuevo canal a NI OPC Server, donde se configura los siguientes parámetros: se asigna un nombre, luego se escoge la opción Siemens TCP/IP, por último, se escoge el adaptador de red que debe ser el propio de la PC, finalizamos y esta creado el nuevo canal.

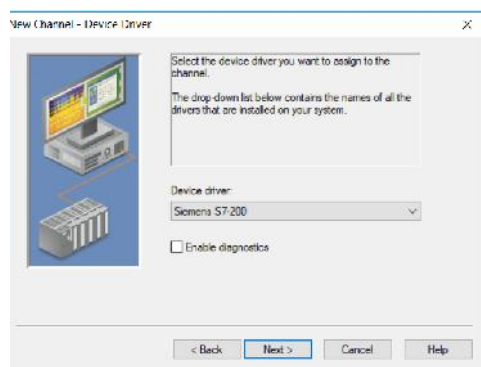


Figura 46 3 Creación de un nuevo canal en OPC
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

Una vez que ya se añadió, se configuro la dirección IP del PLC, en Device model se escogió el modelo S7-1200 ya que este modelo de PLC es el que se está utilizando, esto se lo hace con el fin de para evitar problemas al momento de declarar las variables

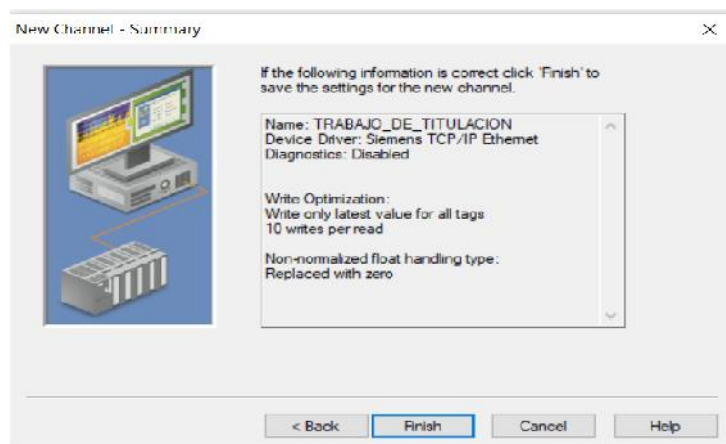


Figura 47 3 Configuración de parámetros en el nuevo canal
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

3.4.3 Creación de memorias para comunicación entre LabVIEW Y PLC. Una vez que se configuro el OPC y el dispositivo se procedió a crear las marcas con las direcciones de cada uno de los procesos.

Añadimos un nuevo tag mediante un clic derecha en la ventana del OPC

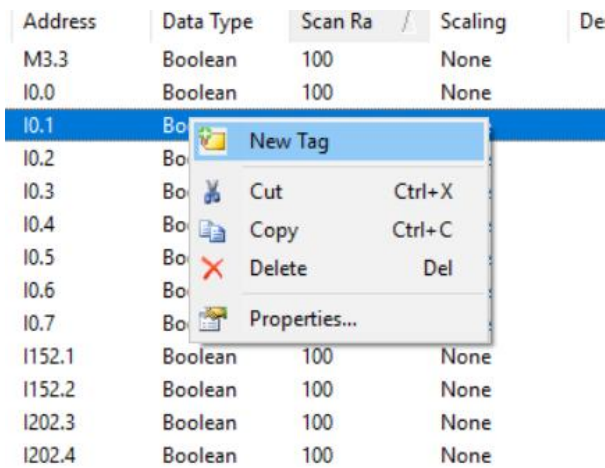


Figura 48 3 Creación de un nuevo tag
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

Seguidamente procedemos a establecer el nombre, la dirección, el tipo de dato y el tipo de acceso de la variable pudiendo ser esta de lectura o escritura, este paso se debe realizar para la creación de todas y cada una de las variables necesarias para el control y monitoreo de los procesos.

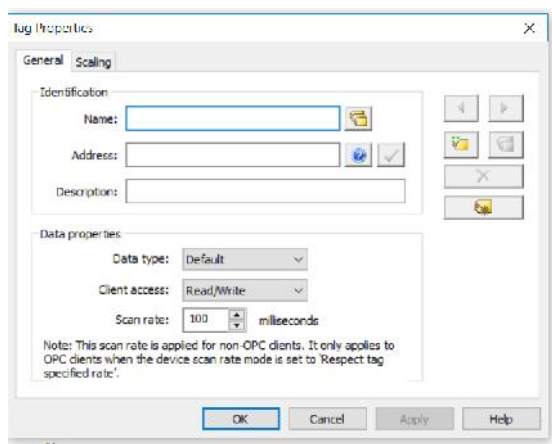
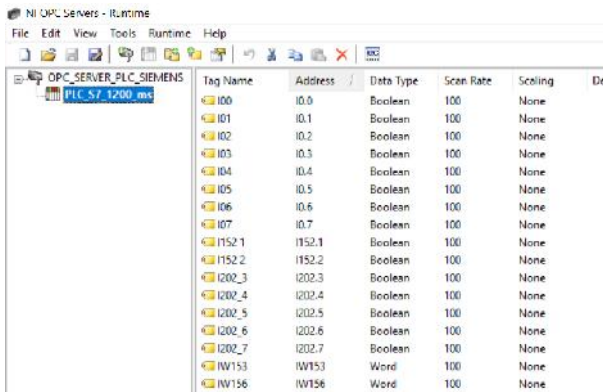


Figura 49 3 Propiedades del tag
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

La figura 50-3 muestra todas las variables añadidas al OPC las cuales son necesarias para que el VI en LabVIEW funcione correctamente.



Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling	De
I0.0	I0.0	Boolean	100	None	
I0.1	I0.1	Boolean	100	None	
I0.2	I0.2	Boolean	100	None	
I0.3	I0.3	Boolean	100	None	
I0.4	I0.4	Boolean	100	None	
I0.5	I0.5	Boolean	100	None	
I0.6	I0.6	Boolean	100	None	
I0.7	I0.7	Boolean	100	None	
I152.1	I152.1	Boolean	100	None	
I152.2	I152.2	Boolean	100	None	
I202.3	I202.3	Boolean	100	None	
I202.4	I202.4	Boolean	100	None	
I202.5	I202.5	Boolean	100	None	
I202.6	I202.6	Boolean	100	None	
I202.7	I202.7	Boolean	100	None	
IW153	IW153	Word	100	None	
IW156	IW156	Word	100	None	

Figura 50 3 Tag creadas en OPC
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

Ya configurado todos los tag con la opción OPC Quick Client se verifica que no esté ninguna variable en erro y que se encuentren en estado good y se procede a guardar el archivo.

3.4.5 Agregar variables a boléanos y numéricos. Una vez configurado los OPC procedemos a agregar a cada boleado y numérico la variable que le corresponde.

Paso 1 Damos un clic derecho sobre el booleano o numérico a definir la variable, ubicados en la pantalla frontal de LabVIEW y se ubica en propiedades.

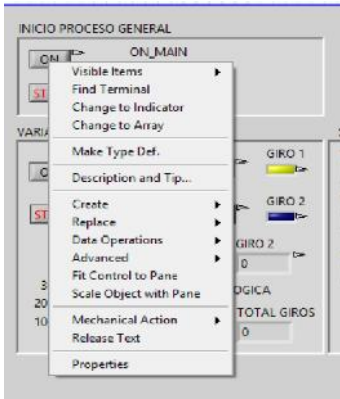


Figura 51 3 Menú de opciones
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

Paso 2 Nos ubicamos en el apartado Data Binding.

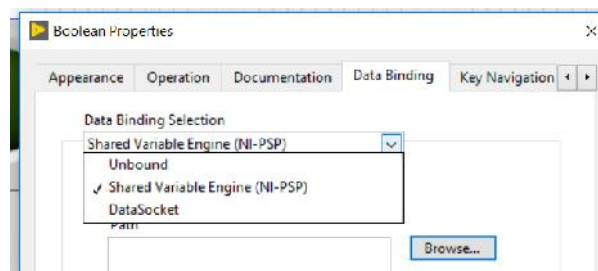


Figura 52 3 Apar de propiedades
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

Paso 3 En Data Binding Selection nos desplaza un menú donde escogemos la opción Shared Variable.

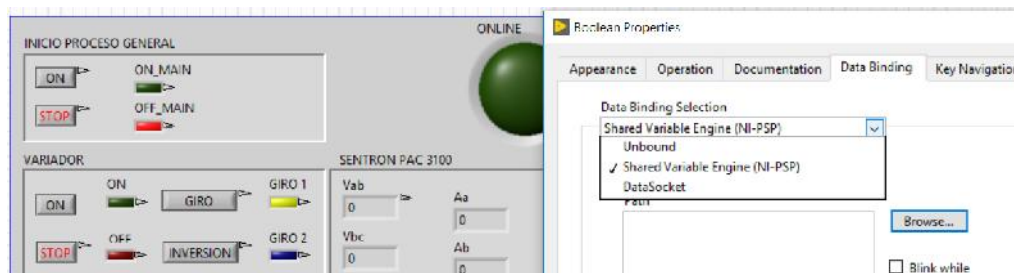


Figura 53 7 Aparatdo de Data Binding
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

Paso 4 Seguidamente determinamos el tipo de acceso de la variable que será READ, WRITE o ambas.

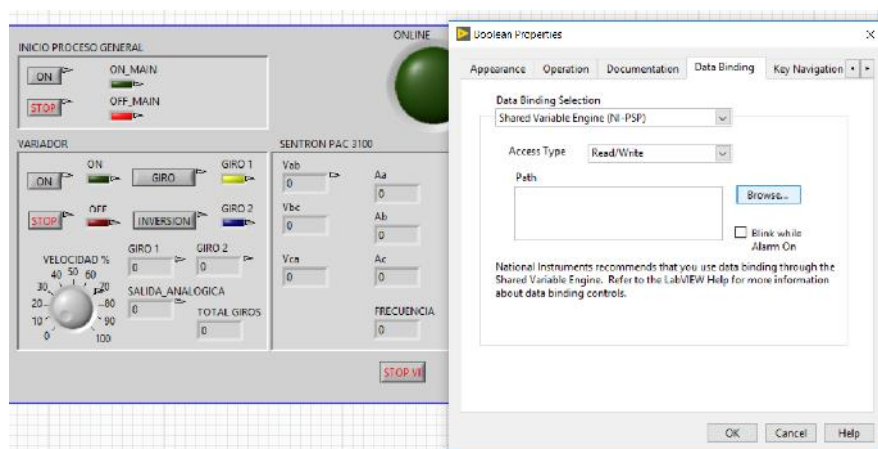


Figura 54 3 Selecciona miento del tipo de acceso Read/Write
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

Paso 5.-Luego se dirige a BROWSE donde se escoge la variable creada en el OPC.

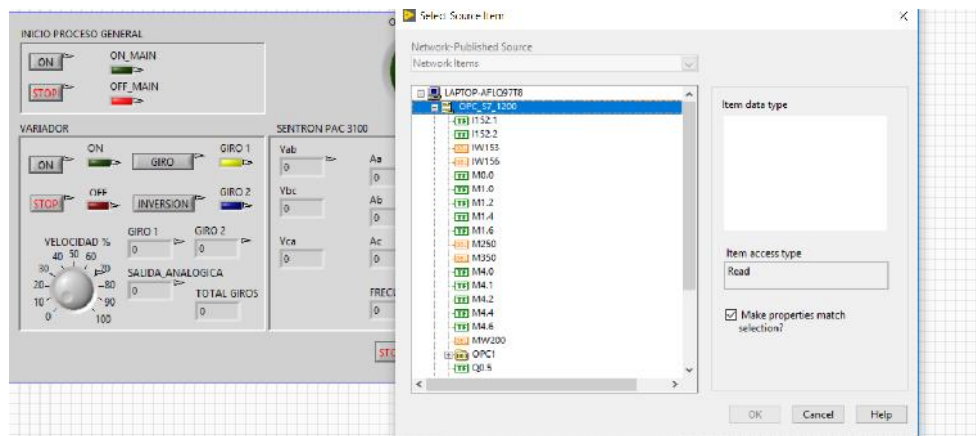


Figura 55 3 Se escoge la variable correspondiente a cada booleano
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

Paso 6 Finalmente una vez ya escogida la variable damos en OK, y está asignada la variable este proceso se repite con todas las variables necesarias.

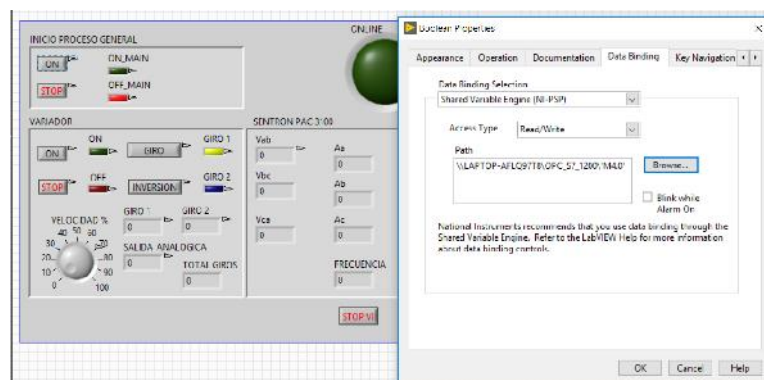


Figura 56 3 La variable está asignada al booleano correspondiente
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

3.4.5 Programación en Block Diagram del VI. En la pantalla de bloques se agregó un While Loop para ejecutar continuamente el VI y se podrá detener con un control llamado stop.

Después se agregó los controles para el mando general, para el proceso de selección de piezas mediante operaciones matemáticas nos ayudara a obtener el conteo de cuantas piezas pase en el proceso.

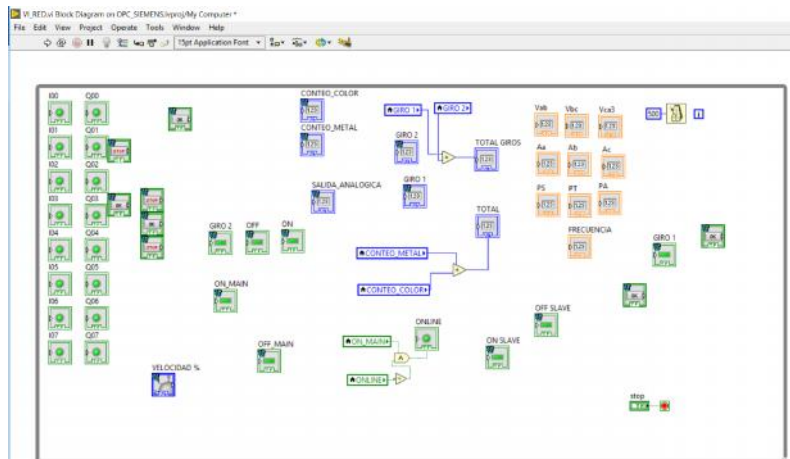


Figura 57 3 Pantalla de bloques
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

En el caso del proceso de motor mediante operaciones matemáticas nos ayuda a saber cuántas veces se realizó la inversión de giro, en este proceso para el control de las rpm se envió una señal MW.

3.4.6 Realizar pruebas de funcionamiento y calibración. Las pruebas se realizaron en el laboratorio de manipulación automática donde se pudo verificar el estado del sensor de marca, sensor inductivo y el sensor óptico, también se realizó la calibración de los cilindros neumáticos.

Se realizó la adaptación a la caja donde se ubicó el medidor SENTRON PAC 3100, así como se acondiciono a la misma caja la entrada y salida de las líneas de voltaje.



Figura 58 3 Acondicionamiento del SENTRON PAC 3100
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

Se realizó las pruebas de transmisión de datos en el software LabVIEW y de todos los procesos que van a ser controlados y monitoreados.

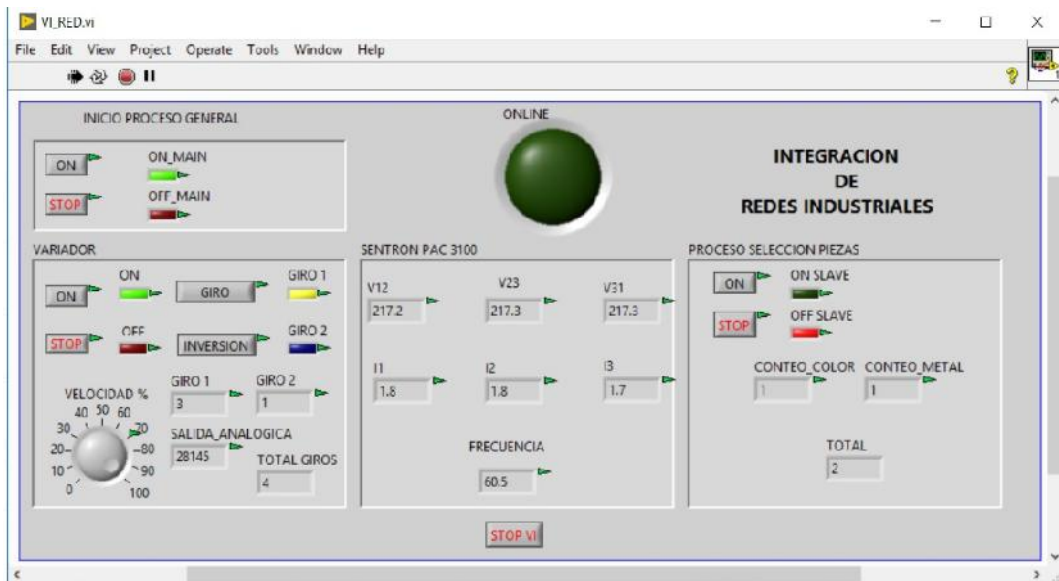


Figura 59 3 Integracion de redes industriales mediante Labview
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

Se realizó las respectivas pruebas de funcionamiento en el tablero de redes industriales, donde se encuentra el PLC master y dos HMI.



Figura 60 3 Tablero de redes industriales
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

Se realizó las pruebas correspondientes en el módulo del proceso de selección de piezas.

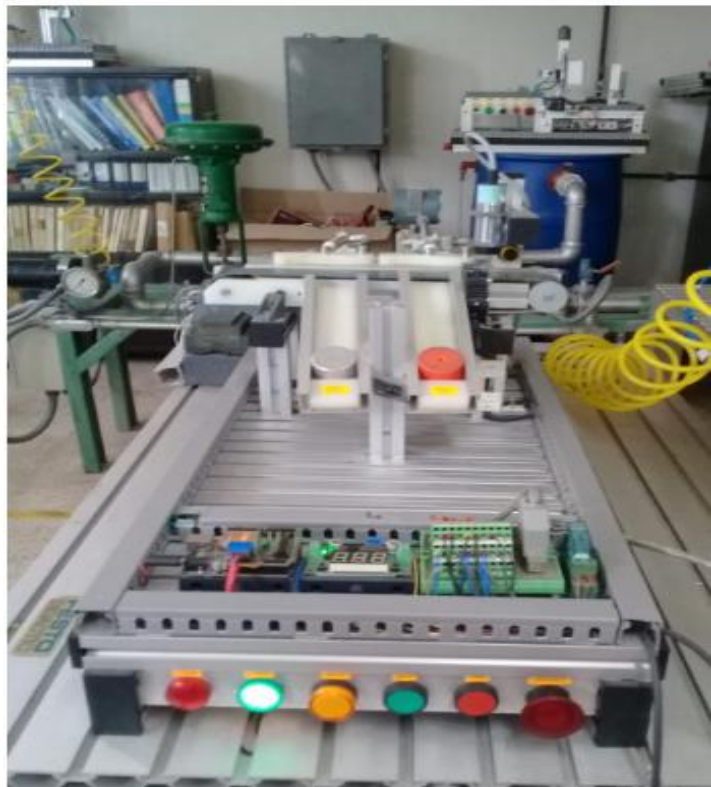


Figura 61 3 Proceso de selección de piezas
Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

3.4 Plan de mantenimiento.

Se elaboró un plan de mantenimiento para una mejor gestión de activos donde se especifica las tareas de mantenimiento para los equipos con sus respectivas frecuencias.

Las actividades de mantenimiento descritas en la Tabla 5-3, se lo realizo bajo recomendaciones de los fabricantes de los dispositivos eléctricos y electrónicos.

Tabla 5 3 Actividades de mantenimiento en el Sistema Eléctrico

Sistema Eléctrico	
Procedimiento	Frecuencia (Semanalmente)
Revisar el correcto accionamiento de los pulsadores de emergencia.	2

Tabla 5 3 Actividades de mantenimiento en el Sistema Eléctrico

Verificar la correcta alimentación de los PLCs, módulos de comunicación y variador de frecuencia.	2
Revisar el ajuste en las entradas y salidas de los PLC, módulos de comunicación, variador de frecuencia, lámparas, pulsadores, pantallas HMI y elementos de protección.	14
Verificar el correcto estado de los cables de conexión	6
Verificar el correcto funcionamiento de las lámparas	4
Limpieza de sensores, PLCs y módulos de comunicación.	10
Pruebas de funcionamiento	6
Equipos: Multímetro	
Herramientas: Maletín de herramientas	
Materiales: Franela, Brocha, Guaípe.	
Nota: El Sentron Pac 3100 no necesita mantenimiento.	

Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Lisette

Tabla 6 3 Actividades de mantenimiento en el módulo de aluminio

Módulo de Aluminio	
Procedimiento	Frecuencia (Semanalmente)
Revisión general de la estructura del modulo	4
Limpieza del modulo	2
Ajuste de Tornillos y Remachado	4
Herramientas: Maletín de herramientas.	
Materiales: Franela, Brocha.	

Fuente: Baño, Jhonny y Espinoza, Mercedes

3.4.1 Normas de seguridad. Antes durante y después de la práctica con el fin de precautelar la seguridad de los usuarios de los módulos y el buen desempeño de los mismos; se pone a disposición las siguientes normas de seguridad:

- Los estudiantes deben realizar sus prácticas bajo la supervisión del docente.

No maniobrar los circuitos eléctricos del módulo o realizar operaciones de mantenimiento cuando este se encuentre energizado.

No colocar objetos ni ningún tipo en el módulo ya sea en el interior o sobre de él, podrían provocar daños de consideración y poner en riesgo la seguridad de los usuarios

Solo personal autorizado podrá realizar operaciones de mantenimiento.

CAPITULO IV

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se diseñó la integración de redes industriales la cual se la configuro con éxito utilizando dispositivos Siemens los cuales brindan una alta garantía y durabilidad de los equipos.

Se configuro con éxito la transmisión de datos (Envío/Recepción) entre redes Profibus, Ethernet/Profinet y AS-i, teniendo una arquitectura maestro esclavo, así también la comunicación mediante el protocolo de comunicación Modbus RTU RS 485 que se realizó en el laboratorio de manipulación automática, con la ayuda de una PC mediante el software STEP7 TIA PORTAL V13 se realizó la carga de las configuraciones para que cada dispositivo realice la comunicación correctamente.

Se implementó un dispositivo de medición multifuncional llamado SENTRON PAC 3100 y sus respectivos transformadores de corrientes los cuales están conectados al mismo, este se lo configuro en la integración de redes mediante Modbus RTU con un módulo de comunicación RS 485 que utiliza un conector Profibus para una mejor visualización de las variables eléctricas del motor 3F.

Se realizó con éxito la comunicación de las redes para la transmisión de datos entre LabVIEW y PLC Siemens a través de OPC, cabe realzar que el software LabVIEW en todos los casos hace de maestro de la red.

Se realizaron pruebas de funcionamiento de cada uno de los dispositivos y módulos de comunicación utilizados para el desarrollo de este trabajo, así mismo se realizó pruebas de la transferencia de datos entre LabVIEW y los diferentes dispositivos, obteniendo resultados confortables para cada uno de los procesos que son controlados y monitoreados.

Se desarrolló un plan de mantenimiento con sus respectivas normas de seguridad para la conservación oportuna de los todos los dispositivos utilizados en la integración de redes.

5.2 Recomendaciones

El docente debe impartir los conocimientos necesarios previos a la utilización de los módulos para un buen manejo de los equipos y del programa TIA PORTAL donde se realiza la programación de las diversas prácticas.

Realizar las configuraciones correctamente para evitar problemas en la transmisión de datos y la comunicación sea la más óptima, con el fin de evitar errores en los equipos utilizados.

Aplicar de manera correcta las actividades de mantenimiento para mantener en estado óptimo los diferentes equipos utilizados y respetar las normas de seguridad para evitar posibles errores y/o daños en los diferentes dispositivos de los procesos.

BIBLIOGRAFÍA

ALBÁN GUERRERO, José Eduardo & PAGUAY LLAMUCA, Néstor Jhovany.

Diseño e implementación de un sistema SCADA con comunicación PROFIBUS para el control [en línea] (tesis) (ingeniería). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Mecánica, Ingeniería de Mantenimiento. Riobamba, Ecuador.* 2017. pp. 4-17. [Consulta: 18 de Mayo de 2018]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6496/3/25T00292.pdf>

ARIAN S.A. *Sistema de supervisión y adquisición de datos* [en línea]. 2006. [Consulta: 23 de Abril de 2018]. Disponible en: <http://www.arian.cl/downloads/ari-s.pdf>

Catedu. 2013. *CATEDU. CATEDU.* [En línea] 2013. Disponible en: <http://www.catedu.es/elechomon/s71200/CARACTERISTICAS%20Y%20MONTAJE%20DEL%20SIMULADOR%20S7-1200.pdf>. Catedu

CASTRO SILVA, Carlos Andrés & ALVARADO FEIJOO, Josie Esteban. *Implementación de una red MODBUS TCP Wireless con integración de tecnología Siemens* [en línea] (tesis) (ingeniería). *Universidad Politécnica Salesiana, Ingeniería Electrónica. Guayaquil, Ecuador.* 2017. pp. 7-47. [Consulta: 18 de Mayo de 2017]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14191>

Electronic Components. *Electronic Components. Electronic Components.* [en línea] 2015. Disponible en: http://www.tme.eu/es/katalog/sensores-de-induccion-cilindricosac_112562/.

GUERRERO, V, YUSTE, R y MARTINEZ, L. 2009. *Comunicaciones Industriales.* 1º ed. Colonia del Valle : Alfaomega Grupo Editor S.A, 2009.

HERNANDEZ TINOCO, Marina. Desarrollo e implementación de una red de datos basada en Modbus y Ethernet para autómatas industriales [en línea] (tesis). *Universidad de Sevilla, Escuela Técnica Superior De Ingeniería, Dep. Ingeniería de Sistemas y*

Autómatas. Sevilla, España. 2016. pp. 7-67. [Consulta: 19 de Mayo de 2018]. Disponible en: <https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/53165/marhertin.pdf?sequence=1>

HURTADO, José María. *Introducción a las redes de comunicación industrial* [en línea]. 2015. [Consulta: 21 de Abril de 2018]. Disponible en: http://www.infoplc.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_introduccion3b3n-a-las-redes-de-comunicacion3b3n-industrial.pdf

Hurtado, José M. 2013 *Introducción a las redes de comunicación industrial*. [en línea] 2013. [Consulta: 30 de Abril de 2018]. Disponible en: http://www.infoplc.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_introduccion3b3n-a-las-redes-de-comunicacion3b3n-industrial.pdf

IFM ELECTRONIC. *Sistema de bus AS-interface. Francia: Catálogo*, [en línea] 2009 [Consulta: 30 de Mayo de 2018]. Disponible en: https://www.ifm.com/obj/ifm_AS-Interface_Catalogue_ES_08.pdf

ROJAS, Oscar A. *Software para aplicaciones industriales industrial* [en línea]. 2002 [Consulta: 27 de Mayo de 2018]. Disponible en: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIET/DEIC/Materias/SW%20para%20aplicaciones%20Industriales%20II/Sw%20II/Conferencias/Capitulo%205.pdf>

LAGOS, Carolina. *Protocolos de comunicación industrial* [blogs]. 2006. [Consulta: 20 de abril de 2018]. Disponible en: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=562>

NATIONAL INSTRUMENTS. *LabVIEW* [en línea]. 2014. [Consulta: 25 de Mayo de 2018]. Disponible en: <http://www.ni.com/labview/labviewdsc/esa/>

OMRON Electronics SA. *Modbus tcp* [en línea]. 2007. [Consulta: 01 de Junio de 2018]. Disponible en: http://www.tecnical.cat/PDF/Omron/PLC/CJ/GR_MODBUS_TCP.pdf

PROFIBUS INTERNACIONAL. *Esclavos PROFIBUS DP* [en línea] [Consulta el: 18 de Mayo de 2018.]. Disponible en: [file:///C:/Users/User/Downloads/Esclavos_PROFIBUS%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Esclavos_PROFIBUS%20(2).pdf)

RIOS, Francisco <http://iaci.aunq.edu.ar> [en línea] [Consulta el: 20 de Junio de 2018.]. Disponible en: <http://iaci.aunq.edu.ar/materiales/laboratorio2/hmi%SCIntroduccion%80HMI.pdf>

MUÑOZ, Alfredo. *SISTEMAS INDUSTRIALES DISTRIBUIDOS: Una filosofía de Automatización.* [en línea] 2009. [Consulta el: 10 de Junio de 2018.] . Disponible en: <http://www.uv.es/rosado/courses/sid/sid.html>.

SALAZAR SERNA, César Augusto & CORREA ORTIZ, Luis Carlos. *"Buses de campo y protocolos en redes industriales". Revista Universidad de Manizales.* [en línea]. Manizales-Colombia.2011, pp. 83-109. [Citado el: 18 de 07 de 2016.]. Disponible en: <http://revistasum.umanizales.edu.co/ojs/index.php/ventanainformatica/article/viewFile/126/184>.

SIEMENS. *PLC siemens* [en línea]. 2015. [Consulta: 25 de Mayo de 2018]. Disponible en: <http://www.siemens.com/global/en/home/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-1200.html>.